



Instituto Politécnico de Tomar

Escola Superior de Tecnologia de Tomar

**Estágio na EDP Distribuição – Energia S.A.
Direção de Rede e Clientes Tejo
ESTUDO DE REDES**

Dissertação de Estágio

Hugo Filipe Batista Ferreira

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica
Especialização em Controlo e Eletrónica Industrial

Tomar / Setembro/ 2017



Instituto Politécnico de Tomar

Escola Superior de Tecnologia de Tomar

Hugo Filipe Batista Ferreira

**Estágio na EDP Distribuição – Energia S.A.
Direção de Rede e Clientes Tejo
ESTUDO DE REDES**

Dissertação de Estágio

Orientado por:

Engenheiro Mestre Paulo Alves - EDP Distribuição
Engenheiro Mestre Moisés Esteves - EDP Distribuição
Doutor Mário Gomes - IPT/ESTT

Dissertação de Estágio
Apresentado ao Instituto Politécnico de Tomar
para cumprimento dos requisitos necessários
à obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Eletrotécnica

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, irmã e namorada.

RESUMO

Esta dissertação diz respeito ao estágio curricular realizado em ambiente empresarial, na EDP Distribuição – Direção de Rede e Clientes Tejo - Estudo de Redes. A EDP Distribuição é a entidade responsável pela distribuição de energia elétrica em Portugal.

Durante este estágio foram solicitados dois trabalhos. O primeiro trabalho consistiu em desenhar em AutoCAD 3D diversos elementos de rede utilizados nas linhas aéreas em MT, tais como armações, isoladores, postos de transformação e apoios. O objetivo deste trabalho é facilitar os contatos com os proprietários dos terrenos. O segundo trabalho consistiu em realizar uma folha de cálculo, que ao inserir valores de temperatura ambiente, aumento de carga numa determinada linha em estudo, para determinar a flecha que os condutores iriam apresentar e verificar as condições de segurança impostas pelo regulamento de segurança RSLEAT.

Ainda no estágio em determinadas alturas tive a oportunidade de realizar outro tipo de tarefas, tais como, orçamentos/licenciamentos, atualização da base de dados de proprietários e realização de projetos BT e MT.

Sempre que possível desloquei-me com alguns colaboradores em diversas obras/projetos.

Palavras chave: Redes elétricas de distribuição, Linhas de BT/MT, Postos de Transformação, Subestações, Projeto.

ABSTRACT

This dissertation concerns the curricular internship in a business environment, at EDP Distribuição - Tejo Network and Client Management - Networks Study. EDP Distribuição is an entity responsible for electricity distribution in Portugal.

During this period two projects were requested. The first consisted of designing several electrical network elements used in Medium Voltage lines, such as frames, insulators, transformer substations and supports using AutoCAD 3D. The objective of this work was to devise an easier contact with landowners. The next work was to fill a spreadsheet with room temperature values, which increased the load on a certain power line under study, and to determine the characteristics of conductors and verify the safety conditions defined by the RSLEAT safety regulation.

Moreover I sometimes had the opportunity to perform other types of tasks, such as working on budgets and licensing, or upgrading landowners' databases and even conducting Low and Medium Voltage related works.

Finally, whenever the opportunity arose I followed some collaborators in several other projects.

Keywords:Distribution Grids, LV/MV power lines, Transformer Posts, Substations, Project.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos Engenheiros Luís Mónico e Henrique Gueifão, pois sem eles este estágio IPT/EDP não teria sido possível.

Aos orientadores da empresa Engenheiros Paulo Alves e Moisés Esteves, um muito obrigado pela disponibilidade, ensinamentos, paciência e profissionalismo que sempre tiveram para comigo.

Agradeço ainda aos colaboradores da EDP Distribuição que nestes 9 meses contribuíram para o meu crescimento a nível técnico, profissional e pela prestabilidade que sempre demonstraram, em especial ao Sr. Vítor Franco, Sr. Manuel Graça, Eng.º António Ramos, Eng.º Nuno Nabo e Eng.º Manuel Deveza.

Agradeço à Dr. Catarina Abrantes pela sua participação enquanto responsável dos Recursos Humanos da EDP Distribuição.

Ao meu orientador do IPT Mário Gomes, agradeço por toda a sua disponibilidade que demonstrou para esclarecer as dúvidas que iam surgindo.

Aos meus pais, irmã, namorada e restante família e amigos que sempre me apoiaram, um bem-haja.

ÍNDICE

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
AGRADECIMENTOS.....	xi
ÍNDICE	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
ÍNDICE DE TABELAS	xxi
LISTA DE ABREVIATURAS	xxiii
LISTA DE SÍMBOLOS	xxvii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Estrutura.....	1
2. CONTEXTO E CARATERIZAÇÃO DA EMPRESA.....	3
2.1 Setor Elétrico Nacional	3
2.1. História.....	5
2.2. A empresa	5
2.3. Organização da EDP Distribuição.....	5
2.4. Local do estágio.....	8
3. <i>SOFTWARE</i> UTILIZADO	9
3.1. Sistema SAP-PS	9
3.2. SIT-DM.....	10
3.3. DPLAN	10
3.4. SGD	11
4. REDES DE DISTRIBUIÇÃO BT	13
4.1. Topologia da rede de distribuição BT	13
4.2. Estrutura de Rede	14

4.3. QGBT	15
4.4. Iluminação pública	19
4.5. Níveis de tensão de ligação à rede em BT	20
4.6. Potências normalizadas	21
4.7. Ligação em BT.....	22
4.7.1. Conceitos Técnicos	22
4.7.1.1. Portinhola	22
4.7.1.2. Caixa de contagem.....	23
4.7.1.3. Disjuntor limitador de Potência	23
4.7.1.4. Pontos de Fronteira	24
4.8. Dimensionamento da rede BT	25
4.8.1. Cálculos elétricos.....	25
4.9. Inovgrid	28
5. REDES DE DISTRIBUIÇÃO MT	31
5.1. Topologias das redes de distribuição MT.....	31
5.2. Níveis de tensão de ligação em MT	32
5.3. Potências normalizadas	32
5.4. Ligação em MT.....	33
5.4.1. Conceitos técnicos	33
5.4.2. Ligação aérea.....	33
5.4.2.1. PT Aéreo.....	33
5.4.2.2. PT Cabine Alta – CA2 (entrada por isolador de travessia)	34
5.4.3. Ligação subterrânea	34
5.4.3.1. PT Cabine Baixa – CB (contagem em BT)	34
5.4.3.2. PT Cabine Baixa – CB (contagem em MT)	35
5.4.3.3. PT Cabine Baixa com PS – CB (contagem em BT)	36

5.4.3.4. PT Cabine Baixa com PS (contagem em MT)	37
5.5. Elementos que constituem as linhas de média tensão	38
5.5.1. Condutores	38
5.5.2. Apoios	39
5.5.3. Classificação dos apoios	40
5.5.4. Tipos de esforços	41
5.5.5. Isoladores	45
5.5.6. Cadeias de Isoladores	46
5.5.7. Armações	47
5.6. Postos de transformação	50
5.7. Seccionadores	52
5.8. Órgão de Corte de Rede	53
5.8.1. OCR1	53
5.8.2. OCR2	54
5.8.3. OCR3	54
5.9. Cálculo de linhas aéreas	54
5.9.1. Cálculo elétrico	54
Intensidade de corrente de serviço	55
Resistência elétrica	55
Coefficiente de autoindução	56
Condutância	57
Reatância	57
Susceptância	58
Admitância	58
Impedância	58
5.9.2. Cálculo mecânico	59

5.9.2.1. Comportamento dos cabos suspensos em vãos isolados.....	59
Apoios de nível	59
Apoios desnivelados.....	61
5.9.3. Ação da temperatura e estados atmosféricos.....	63
5.9.3.1. Forças que atuam nos condutores	64
5.9.3.2. Estado atmosférico mais desfavorável	66
5.9.3.3. Vão crítico	67
5.9.3.4. Equação mudança de estados	68
5.9.4. Cantão	69
5.9.5. Fundações.....	70
6. TAREFAS REALIZADAS	71
6.1. Folha de cálculo “Dimensionamento da flecha”	71
6.2. Desenhos em AutoCad 3D	74
6.3. Orçamentos	75
6.4. Auditorias	81
6.5. Base de dados dos proprietários.....	85
6.6. Projetos de linhas BT e MT	86
7. CONCLUSÃO	89
REFERÊNCIAS e BIBLIOGRAFIA	91
ANEXOS	93
ANEXO I	94
ANEXO II.....	96
ANEXO III.....	104
ANEXO IV	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura da rede elétrica	4
Figura 2 – Direções de Rede e Clientes da EDP Distribuição	6
Figura 3 – Áreas de gestão de redes e clientes	6
Figura 4 – Direção de rede e clientes Tejo	7
Figura 5 – Mapa com a direção de rede e clientes Tejo e áreas operacionais	7
Figura 6 – Instalações da empresa, onde foi realizado o estágio	8
Figura 7 – Interface SAP-PS	9
Figura 8 – Interface do SIT	10
Figura 9 – Interface do DPLAN	11
Figura 10 – Interface SGD	12
Figura 11 – Topologia radial	13
Figura 12 – Quadro tipo R100	16
Figura 13 – Quadro tipo R250	17
Figura 14 – Quadro tipo R630 CIP	18
Figura 15 – Quadro tipo R630 SIP	18
Figura 16 – Tipo de LED aplicado em luminárias de IP [8]	19
Figura 17 – Constituição de um LED	19
Figura 18 – Tipo de portinholas	23
Figura 19 – Ponto de fronteira entre a rede pública e a instalação particular BTN	24
Figura 20 – Ponto de fronteira entre a rede pública e a instalação particular BTE	24
Figura 21 – Ponto de fronteira entre a rede pública e a instalação coletiva	25
Figura 22 – Exemplo de um esquemático de uma rede subterrânea	28
Figura 23 – Esquema de ligação do projeto inovgrid (visão global) [15]	29
Figura 24 – Tipo de EB "SagemCom"	30
Figura 25 – DTC "Efacec"	30
Figura 26 – Ilustração dos esquemas de distribuição utilizados em MT [16]	31
Figura 27 – Fronteira de um PT, entre a EDP e o cliente	34
Figura 28 – Fronteira de uma CA, entre a EDP e o cliente	34
Figura 29 – Fronteira de uma CB com contagem em BT, entre a EDP e o cliente	35
Figura 30 – Fronteira de uma CB com contagem em MT, entre a EDP e o cliente	36

Figura 31 – Fronteira de uma CB com posto de seccionamento, entre a EDP e o cliente. .	36
Figura 32 – Tipologia de ligação de $PTC \leq 250$ kVA com PS associado e contagem em BT	37
Figura 33 – Fronteira de uma CB com posto de seccionamento, entre a EDP e o cliente ..	37
Figura 34 – Tipologia de ligação de $PTC > 250$ kVA com PS associado e contagem em MT	38
Figura 35 – Condutor de alumínio com alma de aço	39
Figura 36 – Corte de condutor de alumínio com alma de aço	39
Figura 37 – Apoios (a)betão (b)metálico	40
Figura 38 – Funções dos apoios	41
Figura 39 – Cadeias de isoladores em suspensão	46
Figura 40 – Cadeias de isoladores em amarração	47
Figura 41 – TAL.....	47
Figura 42 – TAN	48
Figura 43 – GAL	48
Figura 44 – GAN.....	48
Figura 45 – HPT4.....	49
Figura 46 – HRFSC	49
Figura 47 – VAL	49
Figura 48 – VAN.....	50
Figura 49 – PAL.....	50
Figura 50 – PAN	50
Figura 51 – Postos de transformação aéreos: (a) PT AS e (b) PT AI.....	51
Figura 52 – Em cabina: (a). Monobloco, (b) PT CB e (c) PT CA	52
Figura 53 – Seccionadores: (a) Horizontal e (b) Vertical	52
Figura 54 – a) OCR1 instalado na rede de MT b) sinóptico mecânico de indicação de estado (aberto ou fechado)	53
Figura 55 – OCR2 instalado da rede distribuição de MT	54
Figura 56 – Vão de nível.....	60
Figura 57 – Forças atuantes nos cabos suspensos em vãos em apoios de nível	60
Figura 58 – Vão desnivelado	61
Figura 59 – Fluxograma do estado mais desfavorável	66

Figura 60 – Cantão composto por três vãos	69
Figura 61 – Corrente nominal.....	72
Figura 62 – Modelo kuipers-brown	73
Figura 63 – Distâncias regulamentares	74
Figura 64 – Acesso para a criação do DR	76
Figura 65 – Preenchimento dos campos para criação do DR.....	76
Figura 66 – Menu da classe de obras	77
Figura 67 – Lista de materiais usados.....	77
Figura 68 – Menu com tipo de interrupção	78
Figura 69 – Síntese de tarefas na criação do DR.....	78
Figura 70 – Mapa de medições.....	79
Figura 71 – Local de consumos	82
Figura 72 – Portinhola da instalação.....	82
Figura 73 – Contador auditado	83
Figura 74 – Contador de produção da habitação	83
Figura 75 – Esquema multifilar	84
Figura 76 – Ligações do contador de produção.....	84
Figura 77 – Contador de consumo da habitação.....	85
Figura 78 – Interface da base de dados proprietários	86

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Caraterização dos níveis de tensão, [11].....	21
Tabela 2 – Tabela de potências normalizadas para a BTN	21
Tabela 3 – Caraterização dos níveis de tensão, [7].....	32
Tabela 4 – Potências normais recomendadas para os transformadores	33
Tabela 5 – Esforços em vários apoios, [21]	44
Tabela 6 – Caraterização dos estados atmosféricos, [27]	64
Tabela 7 – Coeficiente de forma conforme RSLEAT	65
Tabela 8 – Tensões máximas de serviço	68
Tabela 9 – Comprimento de encastramento	70
Tabela 10 – Lista de cabos	72

LISTA DE ABREVIATURAS

AT – Alta tensão

BT – Baixa tensão

BTE – Baixa tensão especial

BTN – Baixa tensão normal

CE – Código das expropriações

CIP – Com saídas para iluminação pública

DAR – Disjuntor Auto-Religador

DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia

DM – Design manager

DMN – Direção de manutenção

DPC – Departamento projeto e construção

DPLAN – *Distribution planning*

DR – Diagrama de rede

DRC – Direção rede e clientes

DRCT – Direção de rede e clientes Tejo

DST – Descarregadores de sobretensão

DTC – *Distribution transformer controlers*

EB – EDP *box*

EDIS – EDP Distribuição

EDP – Energias de Portugal

ERSE – Entidade reguladora dos serviços energéticos

GAL – Armação em galhardete em alinhamento

GAN – Armação em galhardete em ângulo

HPT4 – Esteira horizontal para PT's

IAR – Interruptor auto-religador

IP – Iluminação pública

IRC – Índice de reprodução de cor

LED – *Light emitting diode*

MAT – Muito alta tensão

MT – Média tensão

NBA – Novas bases de avaliação

OCR – Órgão de corte de rede

PAL – Pórtico em alinhamento

PAN – Pórtico em ângulo

PDM – Plano diretor municipal

PEP – Planeamento estrutural do projeto

PLR – Pedido de ligação à rede

PMOT'S – Planos municipais de ordenamento do território

PP – Plano de pormenor

PST – Posto de seccionamento

PT – Posto de transformação

PTC – Posto de transformação de cliente

PTD – Posto de transformação de distribuição

PU – Plano de urbanização

PVA – Pedido de viabilidade

QGBT – Quadro geral de baixa tensão

REN – Rede elétrica nacional

RLIE – Regulamento de licenças para instalações elétricas

RND – Rede nacional de distribuição

RSICEE – Regulamento de segurança de instalações coletivas de edifícios e entradas

RSLEAT – Regulamento de segurança de linhas elétricas de alta tensão

SAP-PS – *System Applications and Products – Project System*

SEN – Setor elétrico nacional

SENV – Sistema elétrico independente ou não vinculado

SEP – Sistema elétrico de serviço público

SF6 – Hexafluoreto de enxofre

SGD – Sistema de gestão documental

SIP – Sem saídas para iluminação pública

SIT-DM – Sistema de Informação Técnica / *Design Manager*

TAL – Armação em triângulo em alinhamento

TAN – Armação em triângulo em ângulo

UC – Unidades construtivas

URR – Unidade remota de rede

VAL – Armação em esteira em alinhamento

VAN – Armação em esteira em ângulo

ZPE – Zona de proteção especial

LISTA DE SÍMBOLOS

a – Vão;

B – Susceptância;

C – Capacidade da linha;

c – Coeficiente de forma;

C_1 – Componente horizontal de T_B ;

d – Diâmetro do cabo;

D – Distância equivalente entre condutores;

d_{ic} – Distância entre cadeias de isoladores e condutores;

F – Força devido à ação do vento;

F_G – Peso do gelo;

$f_{máx}$ – Flecha máxima;

F_R – Força resultante;

F_v – Força do vento nos condutores;

F_{vc} – Força no vento nas cadeias de isoladores;

F_x – Esforço horizontal nos apoios em x ;

f_x, f_y – Forças calculadas em x e y , respetivamente;

F_y – Esforço vertical nos apoios em y ;

G – Condutância;

h – Diferença entre duas cotas/alturas;

I_f – Corrente de fusão do fusível;

I_n – Corrente nominal;

I_s – Corrente de serviço;

I_z – Corrente máxima admissível;

kVA – kilo Volt Ampere;

kW – kilo Watt;

L – Coeficiente de auto-indução;

L_c – Comprimento do condutor;

L_{cr} – Vão crítico;

L_{eq} – Vão equivalente;

L_{linha} – Comprimento da linha;

$L_{vão}$ – Comprimento do vão;

m – Número de condutores por fase;

$m_1, m_2/ m_i, m_k$ - Coeficiente de sobrecarga no estado de inverno, e primavera;

n – Número de vãos;

N_i – Número de instalações;

p – Peso do condutor;

P – Potência nominal da linha;

P_a – Peso da armação;

P_{cis} – Peso da cadeia de isoladores;

q – Pressão dinâmica do vento;

R – Raio da circunferência que passa pelos condutores que formam a fase;

r – Raio do condutor;

r' – Raio fictício;

R_s – Resistência elétrica;

S – Secção do condutor;

S_p – Potência a transmitir pela linha;

T – Tração máxima unilateral;

T_0 – Força de tração;

T_B – Força de tração no ponto B;

T_i – Tração total no vão i ;

$t_{\text{máx}}$ – Tensão mecânica(tração);

U – Tensão nominal da linha;

U_{ec} – Tensão económica;

w_i - Peso específico do condutor i ;

X – Reactância;

Y – Admitância;

Z – Impedância;

α – Coeficiente de redução;

α_T – Coeficiente de dilatação do condutor;

β_i – Ângulo do vão i ;

ε – Módulo de elasticidade (ou de Young) do condutor;

$\theta_1, \theta_2/ \theta_i, \theta_k$ – Temperatura para o estado de inverno e de primavera, respetivamente, conforme RSLEAT;

μ – Permeabilidade magnética do condutor (toma o valor 1 para condutores de cobre, alumínio, ligas de alumínio e cabos de alumínio-aço ou toma o valor 200 para condutores de aço galvanizado);

ρ – Resistividade do condutor;

ρ_{20} – Resistividade do condutor a 20°C;

ρ_θ – Resistividade do condutor para a temperatura θ ;

ω – Velocidade angular;

1. INTRODUÇÃO

O presente documento visa descrever as atividades que foram realizadas durante o período de estágio, com a duração de 9 meses, na empresa EDP Distribuição.

Os principais objetivos de um estágio é a integração do estagiário no mundo do trabalho, o que o obriga a assumir responsabilidades, a aplicar os conhecimentos teóricos em situações práticas, a desenvolver capacidades de decisão, a superar desafios propostos, a planear e a coordenar tarefas.

Para além disso, o estágio também permite ao estagiário um enriquecimento de conhecimentos relacionados com os trabalhos, os métodos e a regulamentação da empresa.

Neste contexto, o estágio que realizei na EDP Distribuição possibilitou-me adquirir/desenvolver algumas dessas competências. Com base na aprendizagem prática relacionada com o que cada departamento da empresa (por onde passei) faz. Adicionalmente, as tarefas que me foram atribuídas (elaboração de uma folha de cálculo o desenho em 3D de peças e a elaboração de projetos de linhas de MT e BT) também foram muito importantes no decurso do meu estágio.

1.1. Estrutura

O presente relatório encontra-se dividido em sete capítulos.

No primeiro capítulo é feita uma pequena introdução, onde se explica de forma sucinta a duração do estágio e os principais aspetos a reter do estágio realizado.

No segundo capítulo faz-se a apresentação da empresa e do local onde o estágio decorreu. Inclui-se aqui o organograma da empresa e as suas áreas operacionais.

O terceiro capítulo corresponde a um resumo dos *softwares* da EDP Distribuição, com os quais tive oportunidade de contactar/trabalhar ao longo do estágio. Fala um pouco do setor elétrico desde a sua criação até à sua privatização. As regras que foram impostas para a criação de um mercado liberalizado para que assim fosse criada a entidade administrativa independente, a ERSE (Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos). E por fim a sua

caracterização, onde as atividades vão desde a produção, transporte, distribuição e por fim a sua comercialização.

O quarto capítulo faz uma pequena introdução às redes de baixa tensão e aos níveis de tensão que são impostos. Como são feitas as ligações e todos os componentes que são necessários para a ligação de uma linha elétrica. No final é apresentado a forma de dimensionamento da rede.

O quinto capítulo trata da rede de média tensão, onde também são descritos os níveis de tensão, potências normalizadas e como são efetuadas as ligações. São apresentados os elementos constituintes das linhas de média tensão, postos de transformação, seccionadores e órgãos de corte. Para terminar dá-se ênfase aos cálculos necessários, isto é, cálculos elétricos e cálculos mecânicos.

O sexto capítulo descreve todas as tarefas e trabalhos realizados durante o estágio.

2. CONTEXTO E CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

Inicialmente neste capítulo descrevo como o SEN está estruturado e a forma de como o mercado de liberalização foi estabelecido. Descrevo também as atividades em que se divide e a entidade supervisora.

De seguida falo um pouco da história da empresa, de como foi criada e o seu percurso ao longo destes anos. Por fim descrevo o local onde ocorreu o estágio com mais pormenor.

2.1 Setor Elétrico Nacional

O modo de operação e exploração do atual SEN começou a ser estruturado nos finais da década de 80. Foi nessa altura que o setor foi aberto ao setor privado. Com o pacote legislativo de 1995 e aplicação dos princípios da Diretiva 96/92/CE, de 19 de dezembro, que estabeleceu as regras comuns com vista à criação do Mercado Interno de Eletricidade. É neste contexto que se dá início à liberalização do sector, marcado pela reprivatização da EDP, com a criação de uma empresa *holding*. Estas alterações visam a afirmação do princípio de liberdade de acesso às atividades de produção e distribuição de energia elétrica, através da definição de um Sistema Elétrico Nacional baseado na coexistência de um Sistema Elétrico de Serviço Público (SEP – Sistema Regulado) e de um Sistema Elétrico Independente ou não Vinculado (SENV – Mercado Liberalizado). Simultaneamente, consagra-se a regulação do setor elétrico através da criação de uma entidade administrativa independente, a ERSE (Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos). Até esta altura, o negócio da eletricidade em Portugal era caracterizado por ter um operador único, que produzia e vendia energia elétrica no mercado regulado existente, a uma tarifa determinada pela ERSE. A tarifa remunerava as diferentes atividades da cadeia de valor, da produção de eletricidade ao consumidor final, bem como continha os acertos dos desvios previsionais de anos anteriores e os custos de interesse económico geral (medidas de eficiência energética e energias renováveis) [1].

Neste momento, e como referido anteriormente, o SEN é supervisionado pela ERSE e pode ser decomposto em 4 atividades [2]:

- Produção;
- Transporte;
- Distribuição;
- Comercialização.

A Figura 1 apresenta a estrutura de uma rede elétrica, em que se distinguem as 4 atividades referidas.

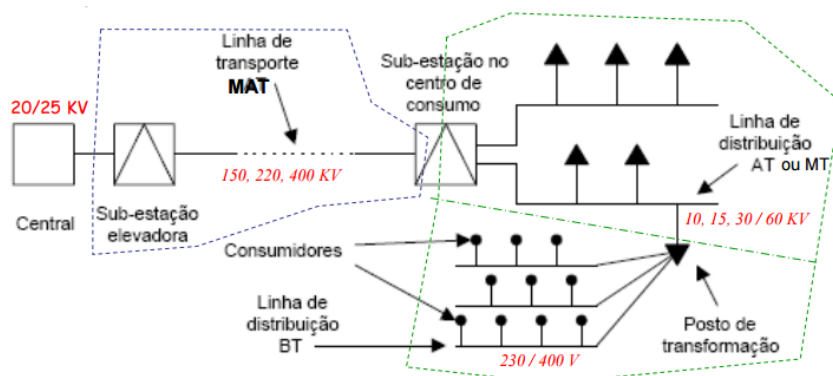


Figura 1 – Estrutura da rede elétrica

Na atividade de produção a eletricidade é produzida com os recursos a diversas tecnologias e a diferentes fontes primárias de energia (carvão, gás, fuel, água, vento, biomassa, entre outros).

Em Portugal as fontes de produção de eletricidade mais usadas são o carvão, gás natural, eólica e hídrica.

Depois de produzida a energia é necessário fazer o transporte da eletricidade até aos pontos de consumo. Em Portugal a atividade de transporte é efetuada por uma única empresa, a REN. Além do transporte em muito alta tensão é necessário fazer a distribuição de eletricidade através das redes de distribuição em alta, média e baixa tensão, onde estão ligados a maioria dos consumidores finais. Em Portugal a atividade de distribuição é efetuada maioritariamente por uma única empresa – a EDP Distribuição – e também por algumas cooperativas de distribuição de energia elétrica em Baixa Tensão.

A comercialização de energia é uma atividade que está totalmente aberta a empresas que queiram participar no mercado liberalizado de energia. Estas empresas terão de fazer um pagamento mediante a tarifa estabelecida pelo regulador do sistema (ERSE).

2.1. História

A EDP foi criada em 1976 através da fusão de 13 empresas que tinham sido nacionalizadas no ano anterior. Durante três décadas, a empresa cresceu, conquistou mercados, alargou a atividade, expandiu negócios e contribuiu para mudar culturas. Inevitavelmente, a marca acompanhou todas estas mudanças.

Atualmente, a EDP ocupa um lugar de relevo no ranking das marcas mais valiosas do mundo. De acordo com o estudo da consultora “*Brand Finance*” divulgado, em março de 2011, a empresa valia cerca de 2.775 milhões de euros, ocupando o 280º lugar daquele ranking [3].

2.2. A empresa

A EDP apresenta-se como uma empresa global de energia, líder em criação de valor, inovação e sustentabilidade. A empresa é partilhada pelo universo dos colaboradores EDP, espalhados por diferentes países e continentes, originando uma grande diversidade que a enriquece e a une no respeito pelas diferentes culturas de mercado onde está presente.

A EDP está entre os grandes operadores europeus do setor da energia, sendo um dos maiores operadores energéticos da Península Ibérica, o maior grupo industrial português e o 3º maior produtor mundial de energia eólica.

Além do setor elétrico, produção, distribuição e comercialização, tem também, uma presença relevante no sector do gás da Península Ibérica.

Integra, também, os índices de Sustentabilidade Dow Jones de Sustentabilidade (*World e STOXX*), os mais exigentes do mundo, que distinguem as companhias com melhor desempenho nas questões ligadas à transparência, sustentabilidade e excelência na gestão económica ambiental e social [4].

2.3. Organização da EDP Distribuição

A empresa EDP Distribuição, pertencente ao grupo EDP, é o operador da rede de distribuição em praticamente todo o território de Portugal continental. Está organizada em direções de âmbito nacional e regional, sendo que as Direções de Rede e Clientes se distribuem conforme indicado na Figura 2 [5].

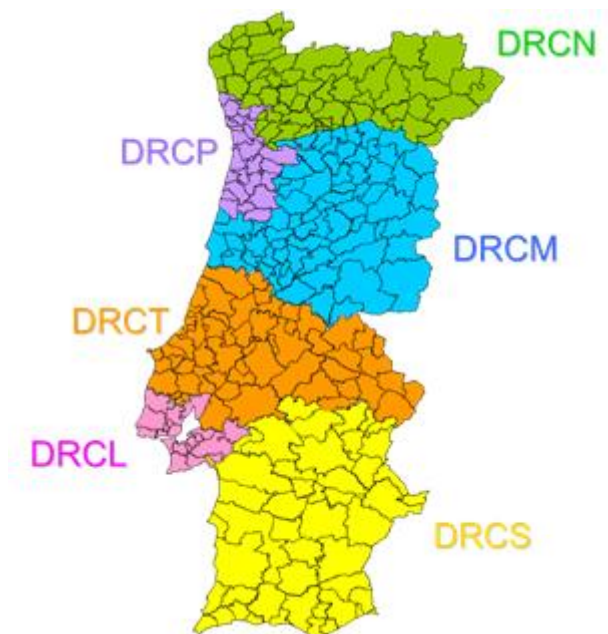


Figura 2 – Direções de Rede e Clientes da EDP Distribuição

Os organogramas apresentados nas figuras 3 e 4 fornecem a estrutura formal de organização da EDP Distribuição.

A Figura 3 refere-se às áreas de gestão de redes e clientes da EDP.

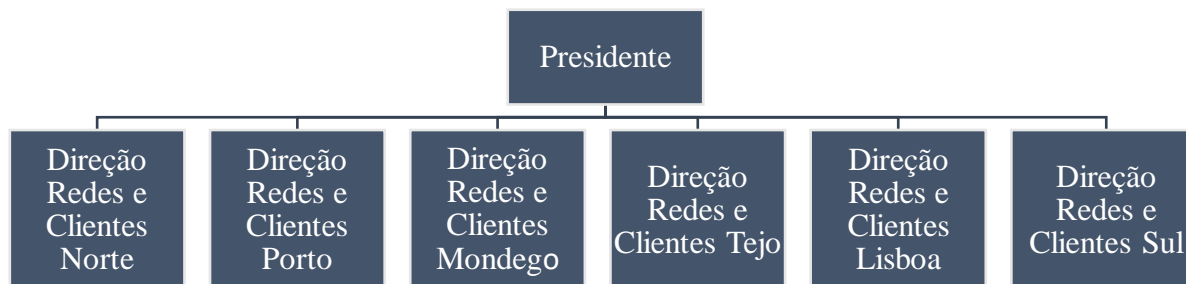


Figura 3 – Áreas de gestão de redes e clientes

A Figura 4 apresenta a organização das várias direções de redes e clientes, que existem em Portugal, onde se insere a Direção de Rede e Clientes Tejo.

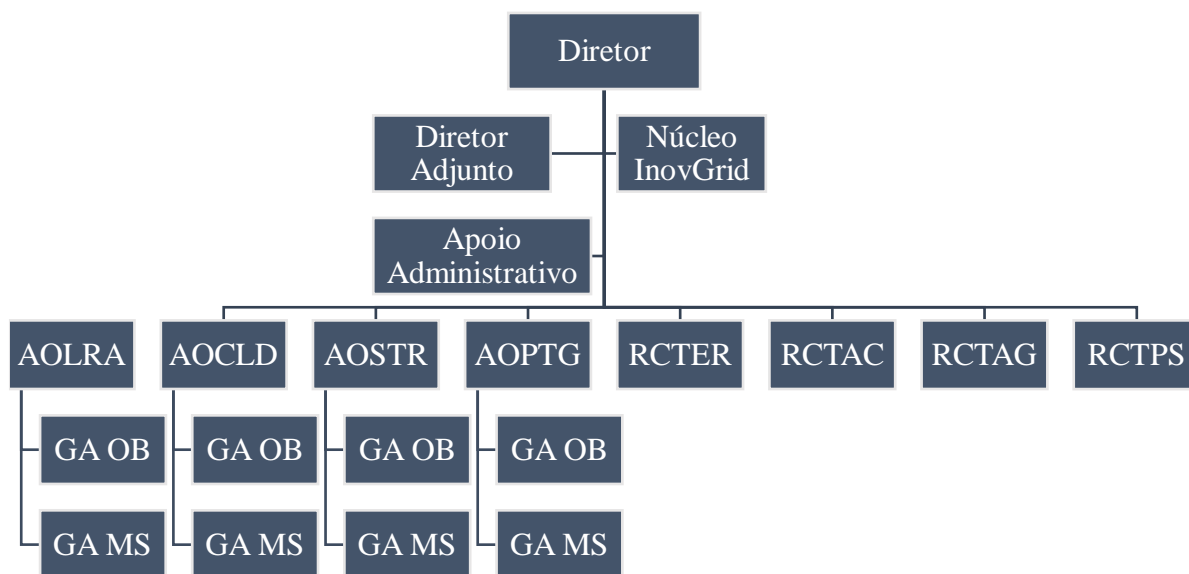


Figura 4 – Direção de rede e clientes Tejo

A figura 4, mostra como é a estrutura da empresa, desde da direção até às várias áreas operacionais onde cada área tem vários gabinetes e por fim as várias direções, isto é, rede e clientes Tejo, apoio à gestão e prevenção e segurança.



Figura 5 – Mapa com a direção de rede e clientes Tejo e áreas operacionais

Na figura 5 mostram-se as diversas áreas operacionais que se inserem na DRCT.

2.4. Local do estágio

O estágio decorreu na DRCT, mais propriamente no departamento de Estudos de Redes, localizado em Santarém. A Figura 6 consiste em uma fotografia do edifício onde estão inseridos vários departamentos incluindo o estudo de redes.



Figura 6 – Instalações da empresa, onde foi realizado o estágio

As principais atividades da direção de rede são as seguintes [6]:

- Execução de obras para Municípios no âmbito do Contrato de Concessão;
- Manutenção da Iluminação Pública;
- Ligação de Clientes de Média Tensão e Baixa Tensão (ramais e contagens);
- Ligações de Microprodutores e Produtores em Regime Especial;
- Assistência às Redes de Baixa Tensão, Média Tensão, Alta Tensão e a clientes;
- Manutenção de Redes de Baixa Tensão e Posto de Transformação;
- Projetos e obras de construção, de remodelação e de ampliação de Redes de Média Tensão, Baixa Tensão, Iluminação Pública e Posto de Transformação.

3. SOFTWARE UTILIZADO

3.1. Sistema SAP-PS

O sistema SAP-PS (ilustrado na Figura 7) é um dos programas mais utilizados no departamento.

É um sistema onde existe muita informação relativamente a imensos processos, sendo que cada um desses processos pode estar dividido em subprocessos, consoante o que é necessário.

Com este sistema podemos criar um projeto (EDIS), por exemplo, de uma linha MT, para que toda a informação acerca dessa linha fique registada e siga para aprovação.

Temos também a possibilidade de criar uma obra DR, onde ficam registados todos os procedimentos a realizar na construção da linha MT, como exemplo neste caso.

Podemos ainda realizar orçamentos, onde colocamos a distância do cabo usado, ligadores, apoios a montar e, se necessário, apoios a retirar, entre outros procedimentos. Depois de introduzidos todos os materiais e a respetiva quantidade, o SAP gera o valor total do orçamento.

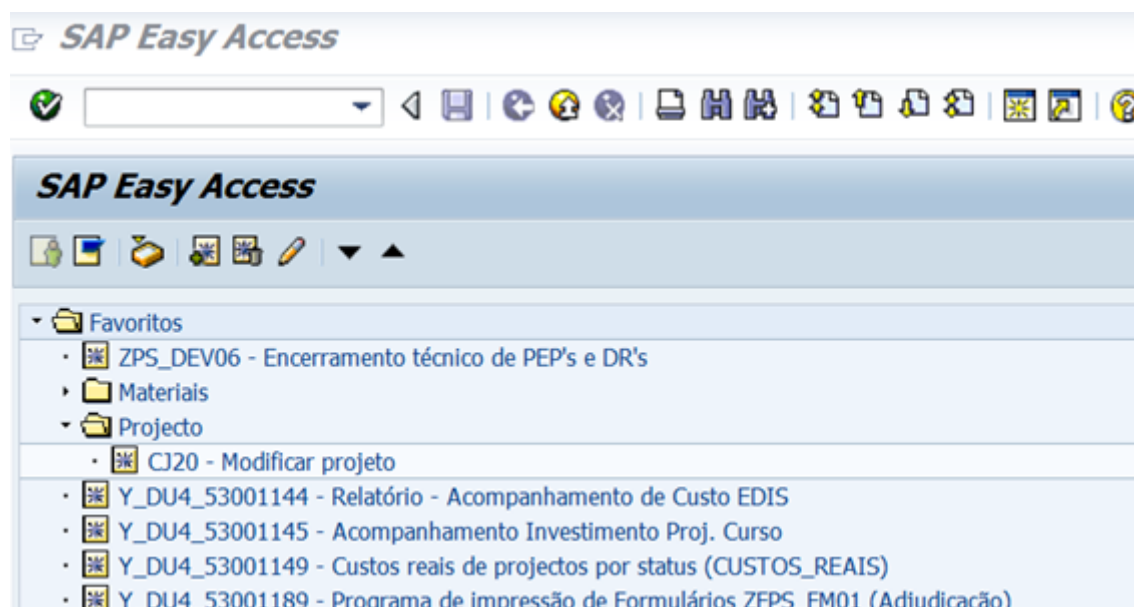


Figura 7 – Interface SAP-PS

3.2. SIT-DM

A ferramenta SIT-DM é um dos *softwares* mais utilizados no estudo de redes, visto que é através deste que se consegue realizar projetos, consultar projetos, ver a evolução da obra, entre outras possibilidades.

Uma das mais-valias desta ferramenta é o acesso a informação geográfica de linhas elétricas já existentes, de projetos a ser planeados e obras em desenvolvimento.

Permite ainda a representação espacial do espaço urbano, através do uso de ortofotos precisas e atuais. Também permite a localização de PT's e de localidades, possibilitando a troca de informação entre vários departamentos da empresa, contribuindo assim para uma atualização imediata de todos os acontecimentos internos. Na Figura 8 disponibiliza-se uma imagem da interface deste programa.

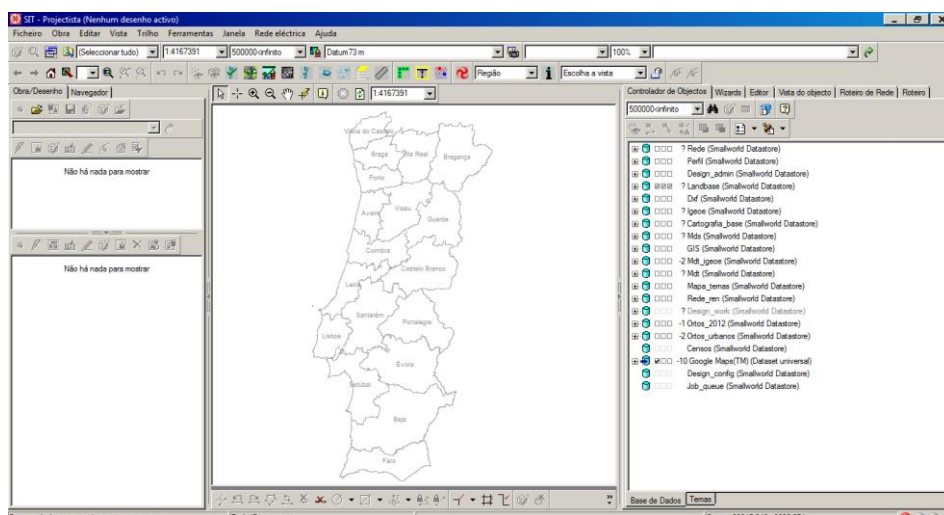


Figura 8 – Interface do SIT

3.3. DPLAN

Este programa (DPLAN – *Distribution Plannig*) é uma aplicação que permite estudar rapidamente o estado da rede através do seu grafismo, usando códigos de cores, como mostra a Figura 9. Assim, torna-se bastante cómodo verificar a evolução das condições de exploração da rede, tais como:

- Testar várias soluções de ligação de novas cargas;
- Analisar a evolução natural das cargas;

- Avaliar o impacto da inserção de um novo elemento da rede, seja este uma nova linha, subestação, posto de transformação, entre outros.

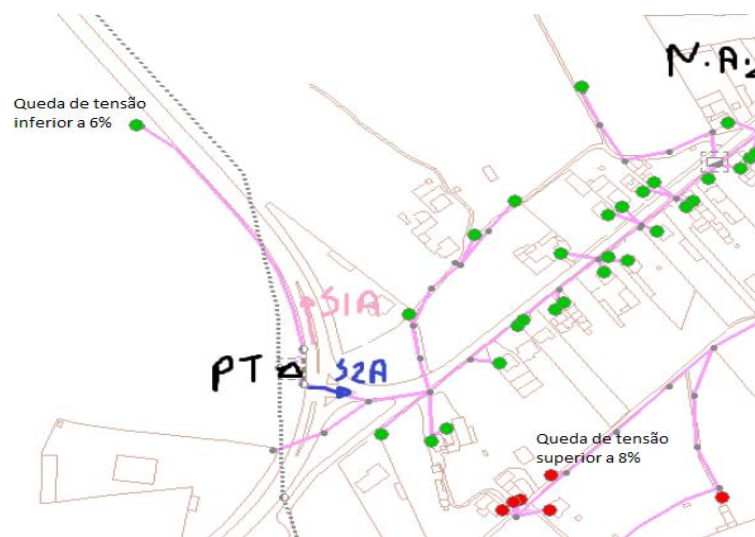


Figura 9 – Interface do DPLAN

Na figura 9, com a imagem da planta de uma urbanização, os pontos verdes correspondem a uma queda de tensão inferior a 6%, os pontos vermelhos a uma queda de tensão superior a 8% e as linhas a cor-de-rosa correspondem a linhas de baixa tensão. De referir que cada círculo, corresponde a um local de consumo.

3.4. SGD

O Sistema de Gestão Documental (SGD) é uma ferramenta que é diariamente utilizada para troca de informação entre colaboradores de diferentes departamentos. Permite realizar inúmeros processos, desde cartas, atas, ordens de serviço, faxes entre outros. Todos esses documentos ficam guardados no sistema, não sendo possível eliminá-los. Quando existe troca de informação, é possível ver quais são os encaminhamentos realizados e assim evitar perdas de informação importantes.

Na Figura 10 apresenta-se uma imagem da Interface SGD. Nesta figura verifica-se uma subdivisão em 4 áreas diferentes, de acordo com as funções: Tratar Documentação, Consulta de Documentos, Configuração e Correio.



Figura 10 – Interface SGD

4. REDES DE DISTRIBUIÇÃO BT

As redes elétricas de baixa tensão, são designadas por redes de distribuição em BT. Este tipo de rede está frequentemente sujeito a alterações, modificações e expansões. As inúmeras modificações das redes de baixa tensão devem-se essencialmente à necessidade de alimentação dos novos clientes e o crescimento dos consumos obrigam, constantemente, à análise da disponibilidade da rede e a tomadas de decisão sobre a sua evolução.

A distribuição de energia elétrica em baixa tensão tem início na saída do quadro geral de baixa tensão (QGBT), correspondendo à rede a jusante do posto de transformação. Esta distribuição pode ser feita de dois tipos: linhas aéreas ou em subterrâneo. As linhas aéreas, normalmente mais usadas em zonas rurais, podem ser em condutores não isolados, isto é, condutores nus (cobre ou alumínio) ou em condutores isolados, ou seja, cabo torçada. As redes subterrâneas, normalmente usadas em zonas urbanas onde o cabo terá de ser isolado, apresentam o seu maior inconveniente ao nível do custo associado (remoção/colocação de pavimento, abertura de valas, etc.).

Os condutores elétricos de distribuição em baixa tensão são normalmente constituídos por cinco condutores, um dos quais se destina à iluminação pública. As tensões nas redes são de 230 Volt para a tensão simples (entre fase e neutro) e de 400 Volt para a tensão composta (entre fases).

4.1. Topologia da rede de distribuição BT

A rede de baixa tensão segue atualmente uma topologia radial, Figura 11.

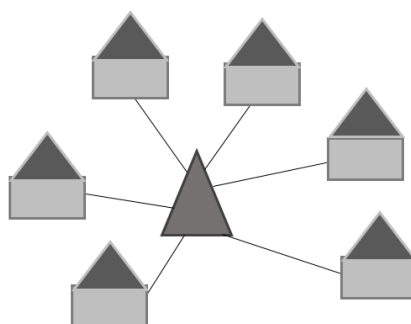


Figura 11 – Topologia radial

Esta topologia garante correntes de curto-circuitos menores e uma elevada economia em condutores, devido às menores secções utilizadas, sendo que a aparelhagem utilizada terá um menor poder de corte. A menor fiabilidade desta topologia deve-se ao facto de não existir a possibilidade de uma alimentação alternativa para reconfiguração da topologia.

4.2. Estrutura de Rede

A estrutura da rede está normalmente associada à maior ou menor densidade de cargas a alimentar.

- Redes aéreas

Em zonas onde a densidade de carga é baixa, utilizam-se normalmente as redes aéreas, permitindo que o seu desenvolvimento se faça de modo a acompanhar o regular desenvolvimento das localidades. A previsibilidade da taxa de crescimento dessas zonas, para os anos seguintes, quer devido ao desenvolvimento do aglomerado populacional ao longo da via pública onde a rede se vai estabelecer, quer pelo aumento dos consumos na rede já construída, possibilita um melhor planeamento das redes.

As secções de cabos mais utilizados nas redes aéreas BT são:

$$- \text{LXS } 4 \times 25 + 16 \text{ mm}^2$$

$$- \text{LXS } 4 \times 50 + 16 \text{ mm}^2$$

$$- \text{LXS } 4 \times 70 + 16 \text{ mm}^2$$

$$- \text{LXS } 4 \times 95 + 16 \text{ mm}^2$$

A escolha da secção dos cabos tem em conta a condição regulamentar restritiva de queda de tensão máxima, conjugada com a condição de saturação térmica do cabo (intensidades de corrente admissíveis dos condutores) e estas, por sua vez, conjugadas com a condição de proteção contra curto-circuitos. Tradicionalmente estas condições de índole meramente técnica, conduzem à seleção financeira baseada no critério de custo mínimo (secção mais reduzida que garante aquelas condições). Considerando os encargos associados às perdas por efeito de Joule ao longo da vida útil de um cabo, que diminuem com a diminuição das

perdas, então devemos escolher as secções que minimizem o encargo total (custo do cabo/instalação e custo associado com as perdas/exploração).

- **Redes subterrâneas**

Em zonas urbanas de escritórios e serviços, com potências instaladas elevadas (alta densidade de carga), as áreas de influência dos PT's são muito restritas, ficando (na maior parte das vezes) a potência instalada no PT afeto ao prédio ou prédios adjacentes. Esta potência é transferida por ramais diretos (do QGBT, do PST) aos quadros de coluna.

Nas zonas urbanas e semiurbanas a densidade de cargas, considerada por zona de influência de PT, varia desde valores baixos a valores mais elevados.

As áreas sob influência de PT's distintos tocam-se nos seus limites. O estabelecimento de um novo posto de transformação requer a redistribuição de cargas, normalmente necessária nos pontos de fronteira. Esta situação cria, naturalmente, pontos de interligação nos armários de distribuição, onde é estabelecido o novo ponto de seccionamento das redes, pois a exploração será sempre radial.

Naturalmente, a criação desses pontos de interligação deverá ser cuidadosa. Idealmente o armário de distribuição onde se estabeleça um fuso, entre saídas de PT's distintos, estará colocado a meia distância entre os PT's. Deverá ser confirmado se o comprimento total das canalizações, em situação que se utilize essa interligação para recurso, se encontra ainda protegido contra curto-circuitos. A carga prevista (ou estabelecida) em cada uma das saídas deverá também ser equitativa e não superior a 0,5 da capacidade do cabo. Em redes estabelecidas em anel, os critérios de estabelecimento de pontos de interligação são idênticos.

4.3. QGBT

Os quadros gerais de baixa tensão estão divididos também em função do tipo de PT [7]: PTA, PTCB.

PT's aéreos (PTA)

- **R100**

Este tipo de quadro possui uma saída para a rede de distribuição, outra saída monofásica para a IP (Figura 12). Poderá ser montado com uma caixa de seccionamento no 1º apoio da rede para fazer a distribuição para 2 saídas.



Figura 12 – Quadro tipo R100

- R250

Este tipo de quadro possui três saídas para a rede de distribuição, três saídas monofásicas para a IP protegidas com seccionador-fusíveis cilíndricos (Figura 13). Proteção das saídas com triblocos seccionáveis de corte em carga. Tem a possibilidade de saídas subterrâneas.



Figura 13 – Quadro tipo R250

PT's cabine baixa (PTCB)

- R630 CIP

Este tipo de quadro possui seis saídas para a rede de distribuição, seis saídas monofásicas para a IP protegidas com seccionador-fusíveis cilíndricos (Figura 14). Proteção das saídas com triblocos seccionáveis de corte em carga. Proteção independentes para o circuito da tomada, iluminação do PT e alimentação de URR (unidade remota de rede) e tem a possibilidade de ligação de um acoplamento de modo a aumentar o número de saídas.



Figura 14 – Quadro tipo R630 CIP

- R630 SIP

Este tipo de quadro possui oito saídas para a rede de distribuição, oito saídas monofásicas para a IP protegidas com seccionador-fusíveis cilíndricos (Figura 15). Proteção das saídas com triblocos seccionáveis de corte em carga. Proteção independente para o circuito da tomada, iluminação do PT e alimentação de URR (unidade remota de rede) e tem possibilidade de ligação de um acoplamento de modo a aumentar o número de saídas.



Figura 15 – Quadro tipo R630 SIP

4.4. Iluminação pública

A EDP Distribuição é a empresa concessionária da distribuição de energia elétrica em BT nos 278 municípios de Portugal Continental, em regime de exclusividade.

A iluminação pública representa uma grande parte dos consumos elétricos nacionais. Para os municípios assume uma importância vital, tendo impacto direto na segurança e conforto dos munícipes e até no embelezamento das cidades.

Hoje em dia a tendência é alterar as lâmpadas de vapor de mercúrio e vapor de sódio, para uma tecnologia mais limpa e mais económica, o LED (*Light Emitting Diode*).

As lâmpadas de mercúrio, cuja tecnologia é antiquada, e com elevado risco de toxicidade e baixa eficiência, irão ser substituídas nos próximos anos, prevendo-se que em 2020 estejam erradicadas da rede de IP.

A tecnologia LED consiste em um díodo semiconductor que, quando polarizado, faz com que os eletrões se recombinem no seu interior, libertando energia na forma de fótons. A luz é emitida numa banda espectral relativamente estreita e é produzida pelas interações energéticas dos eletrões. Nas Figuras 16 e 17 apresentam-se o tipo *Led* utilizado nas luminárias e como é constituído.



Figura 16 – Tipo de LED aplicado em luminárias de IP [8]

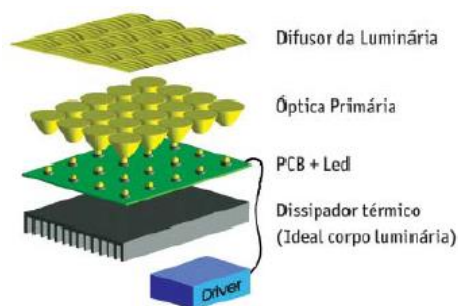


Figura 17 – Constituição de um LED

Apesar de serem largamente utilizados em dispositivos eletrônicos, só recentemente é que conseguiram ser uma alternativa à iluminação convencional utilizada na IP, fruto das evoluções significativas de que têm sido alvo, nomeadamente, na potência e no IRC (índice de reprodução de cor). A tecnologia LED apresenta um consumo elétrico menor quando comparada com outras fontes luminosas, conferindo-lhe um elevado nível de eficiência energética. Caracteriza-se por ter um arranque imediato, pelo que atingem o brilho normal rapidamente, fornecem uma luminosidade de excelente qualidade, elevado IRC e flexibilidade na temperatura de cor. Além da elevada robustez, proporcionando resistência a impactos e vibrações, apresentam uma durabilidade superior e não atraem tantos insetos quando comparados com as lâmpadas convencionais. O seu tamanho é reduzido sem apresentar partes móveis, filamentos, gases, chumbo ou mercúrio. Assume-se como uma tecnologia promissora que tolera facilmente a realização de regulação de fluxo luminoso e a integração de sensores de monitorização de estados/grandezas elétricas.

A grande limitação deste tipo de tecnologia é a temperatura de funcionamento, ou seja, o calor que é gerado quando os LED's estão ligadas é bastante elevado. Este facto obriga os fabricantes a ter especial atenção aos dissipadores que associam às luminárias, os quais por vezes impõem um peso extremamente elevado ao conjunto quando comparado com as luminárias tradicionalmente aplicadas. Outro problema é o pequeno ângulo de abertura do feixe de luz, sendo necessário o uso de refletores difusores. De salientar que ainda surgem algumas dúvidas a respeito da fiabilidade e durabilidade técnica quando expostos à intempérie [9] [10].

4.5. Níveis de tensão de ligação à rede em BT

A EDP Distribuição distingue os vários níveis de tensão que a entidade consumidora pode contratar. Em BT, existem duas classes de ligações: a baixa tensão normal (BTN) e a baixa tensão especial (BTE), conforme indicado na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização dos níveis de tensão, [11]

Baixa Tensão	
BTN	BTE
$BT \leq 1 \text{ kV}$	
$P \leq 41.4 \text{ kVA}$	$P > 41.4 \text{ kVA}$

Nas ligações BTN, as tarifas são na generalidade para clientes residenciais, lojas, escritórios e pequenas empresas. As potências a contratar vão de 1,15 kVA até 41,4 kVA e são normalizadas pela entidade reguladora.

4.6. Potências normalizadas

Na Tabela 2 estão descritas as potências a requisitar para a BTN. Para a BTE não existem escalões definidos, podendo ser contratado ou requisitado qualquer valor de potência, acima de 41,4 kW.

Tabela 2 – Tabela de potências normalizadas para a BTN

Monofásico		Trifásico	
P (kVA)	In (A)	P (kVA)	In (A)
1,15	5	6,90	3×10
2,30	10	10,35	3×15
3,45	15	13,80	3×20
4,60	20	17,25	3×25
5,75	25	20,70	3×30
6,90	30	27,60	3×40
10,35	45	34,50	3×50
13,80	60	41,40	3×60

4.7. Ligação em BT

Na ligação em baixa tensão, e após escolhido o nível de tensão de alimentação, dever-se-á planejar o valor da potência a requisitar, sendo para esse valor que a ligação será construída. O valor da potência requisitada irá condicionar a potência máxima a contratar, sendo que a potência a contratar não pode ser superior à potência requisitada à rede.

Em caso de incompatibilidade da rede para essa ligação, será necessário proceder à colocação de um posto de transformação de distribuição (PTD). Os encargos resultantes da ligação são suportados pelo requisitante e a construção envolvente pode ser ou não da responsabilidade do requisitante, conforme a opção dada nas condições e orçamento.

No caso de uma ligação à rede, unicamente para uso exclusivo, então esta é da inteira responsabilidade do requisitante, devendo ser solicitado à EDP Distribuição instruções e o estudo preliminar (croquis) que servirão de base para a elaboração do orçamento.

A execução da obra, por administração direta do requisitante, implica ter uma empresa prestadora deste tipo serviços, certificada de acordo com o Sistema Português de Qualidade ou ser reconhecida pela EDP Distribuição, com capacidade para a execução da obra em questão.

O início do fornecimento de energia elétrica só poderá concretizar-se após:

- Execução dos elementos de ligação à rede;
- Liquidação de encargos de ligação à rede;
- Certificação da instalação pela Certiel (a realizar a qualquer momento do processo);
- Contrato de fornecimento de energia elétrica (com um comercializador do mercado).

4.7.1. Conceitos Técnicos

4.7.1.1. Portinhola

Em muitas ligações em BT, a portinhola desempenha a importante função de estabelecer o ponto de fronteira entre ligação da instalação e a rede de distribuição, garantindo a proteção do respetivo ramal contra sobreintensidades.

Na Figura 18 (imagem com a estrutura de tabela) apresenta-se a informação técnica mais relevante deste elemento.

Designação	Corrente nominal (estipulada) (A)	Cabos de entrada (a usar nos ramais)		Fusíveis			Capacidade de ligação (mm ²)	
		Derivação	Designação	N.º	Tamanho	I _n ¹⁾ (A)	Fases	Neutro
P25	25	Subterrânea	LSVAV 2x16	1	10x38	25	1,5 a 16 ²⁾	1,5 a 16 ²⁾
P50	50	Aérea	LXS 2x16	1	14x51	50	2,5 a 16 ²⁾	2,5 a 16 ²⁾
		Subterrânea	LSVAV 2x16			50		
P100	100	Aérea	LXS 2X16	3	22x58	63	4 a 50 ²⁾	4 a 50 ²⁾
			LXS 4X16			63		
			LXS 4X25			80		
		Subterrânea	LSVAV 2X16			80		
			LSVAV 4X16			80		
			LSVAV 4X35			100		
P400	400	Subterrânea	LSVAV 4X95	3	2	200	Al: 70 a 300 Cu: 50 a 240	Al: 70 a 150 Cu: 50 a 120
			LVAV 3X185+95			315		

Figura 18 – Tipo de portinholas

4.7.1.2. Caixa de contagem

As caixas de contagem destinam-se aos edifícios dotados de uma ou mais instalações de utilização (vivendas unifamiliares, edifícios comerciais, prédios coletivos, etc.). devendo ser colocadas pelos proprietários no exterior ou em local de fácil acesso ao distribuidor de energia, a partir da via pública, de forma a facilitar a leitura, verificação ou substituição do equipamento de medida e contagem.

No caso de moradias unifamiliares e instalações similares serão encastradas no muro exterior, ou, na ausência destes, nas fachadas exteriores das construções.

Nos edifícios coletivos com várias instalações de utilização serão localizadas no seu interior em local de fácil acesso a partir do exterior. Regra geral devem ser centralizadas no vestíbulo de entrada, no entanto, em função da quantidade de instalações, podem ser centralizadas nos patamares dos pisos. [12]

4.7.1.3. Disjuntor limitador de Potência

Este disjuntor é da propriedade do distribuidor de energia. A sua localização está no interior da instalação de utilização, é selado pelo distribuidor e destina-se a fazer o controlo da potência contratada até 41,4 kVA, podendo o cliente manobrar o mesmo. A sua regulação I_n é feita através da tabela de potências normalizadas apresentada na Tabela 2.

No caso da instalação da *Energy Box* (EB) - contadores inteligentes – o DLP já não existe, existe sim o DCP (dispositivo controlador de potência) mas para fazer a proteção diferencial, caso não exista na instalação cliente. Como já não fazem o controlo de potência, vão ser regulados ao máximo para que não interfiram com a EB.

4.7.1.4. Pontos de Fronteira

A Figura 19 ilustra o ponto de fronteira entre a rede de distribuição BTN e a instalação particular.

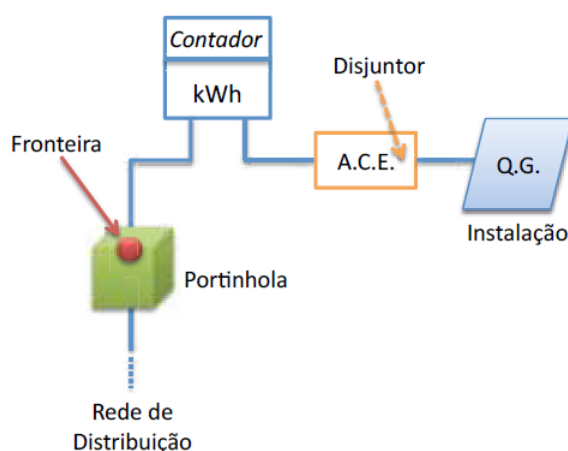


Figura 19 – Ponto de fronteira entre a rede pública e a instalação particular BTN

Na Figura 20 está ilustrado o ponto de fronteira entre a rede de distribuição BTE e a instalação particular.

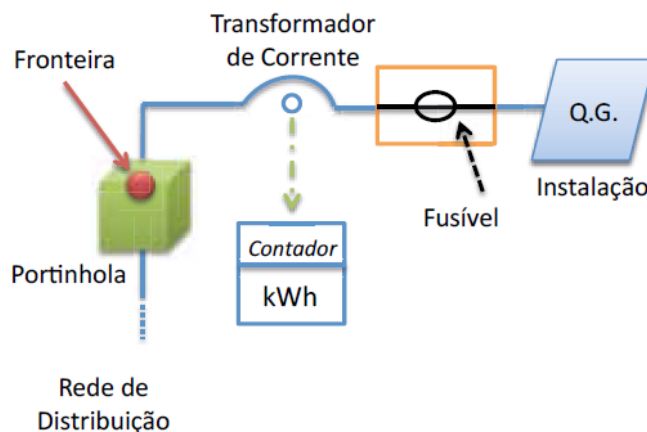


Figura 20 – Ponto de fronteira entre a rede pública e a instalação particular BTE

No caso de ser uma instalação coletiva, Figura 21, a portinhola deve ser instalada na fachada exterior, em local acessível. Os contadores de energia serão instalados no interior, em local de fácil acesso, por exemplo, no patamar de cada um dos pisos.

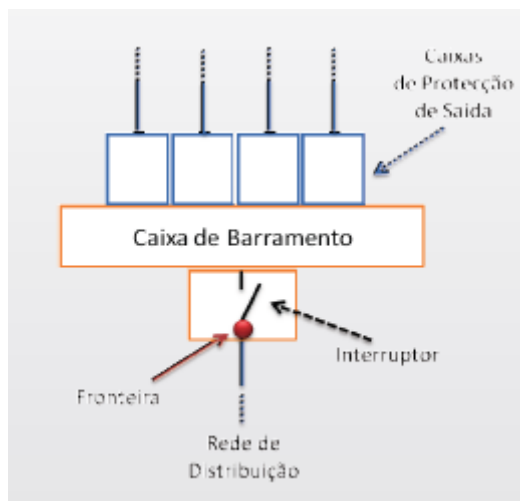


Figura 21 – Ponto de fronteira entre a rede pública e a instalação coletiva

4.8. Dimensionamento da rede BT

4.8.1. Cálculos elétricos

Quando é realizado um projeto de uma urbanização, o primeiro passo consiste em calcular a potência total da infraestrutura para se ter a noção do número de saídas de cada PT. No caso da ligação de um novo cliente é necessário verificar se o circuito em uso suporta essa nova ligação.

Posteriormente é efetuado o cálculo da potência de cada saída, da corrente de serviço, da queda de tensão, da corrente de curto-circuito e selecionada a respetiva proteção contra sobrecargas, que deve garantir a condição de seletividade.

Potência a considerar

A potência total do circuito obtém-se através da expressão (7.1).

$$P_{total} = \sum_{i=1}^N P \cdot C \quad (7.1)$$

onde:

N – Número de instalações;

P – Potência a instalar/contratável (por instalação);

C - Coeficiente de simultaneidade mínimo.

Queda de tensão

A queda de tensão máxima num circuito não deve ser superior a 8% da tensão nominal. Isto é, a queda de tensão total desde o posto de transformação até ao cliente que se situa no ponto mais distante do PT não deve ser superior a 8%.

Segundo a legislação em vigor, é permitido utilizar uma canalização de uso exclusivo de secção adequada à queda de tensão admitida (5% da tensão nominal) ou podemos aumentar a secção da canalização de uso partilhado [13].

A queda de tensão determina-se através da expressão (7.2).

$$\Delta U = I \times \left(\rho \times \frac{l}{S} \times \cos(\varphi) + X \times \sin(\varphi) \right) \quad (7.2)$$

Em que:

I é a corrente de serviço (A);

l é o comprimento do condutor (m);

S é a secção do condutor (mm²);

ρ é a resistividade do condutor (Ωmm²/m);

X é a indutância do condutor (Ω).

Condição de aquecimento normal

A corrente de serviço, de um cabo subterrâneo ou de um feixe de condutores em torçada, não pode, regularmente, ser superior à corrente estipulada do fusível que o protege contra sobreintensidades. Neste contexto, é necessário satisfazer as condições indicadas em (7.5).

$$I_s < I_n < I_Z \text{ e } I_f < 1,45 I_Z \quad (7.3)$$

em que:

I_s - Corrente de serviço na canalização;

I_n - Corrente estipulada do fusível;

I_Z - Corrente máxima admissível da canalização (é a capacidade de transporte do cabo ou do condutor em regime permanente);

I_f - Corrente de fusão do fusível.

Seletividade das proteções

Para que exista seletividade entre proteções, colocadas em série, é necessário garantir que, em caso de defeito, apenas atua o aparelho de proteção situado imediatamente a montante do defeito. Assim permite-se que continuem a funcionar as canalizações situadas a montante dessa proteção e que não tenham sido afetadas por esse defeito. Com esta medida, consegue-se melhorar substancialmente a continuidade de serviço das redes elétricas.

Quando há fusíveis em série, como é o caso de canalizações derivadas de outras, em que é regulamentarmente obrigatório colocar proteções quando há mudanças de secção, tem de se garantir também a seletividade desses fusíveis.

Na Figura 22 apresenta-se um esquema com o exemplo de aplicação para o caso de uma rede subterrânea.

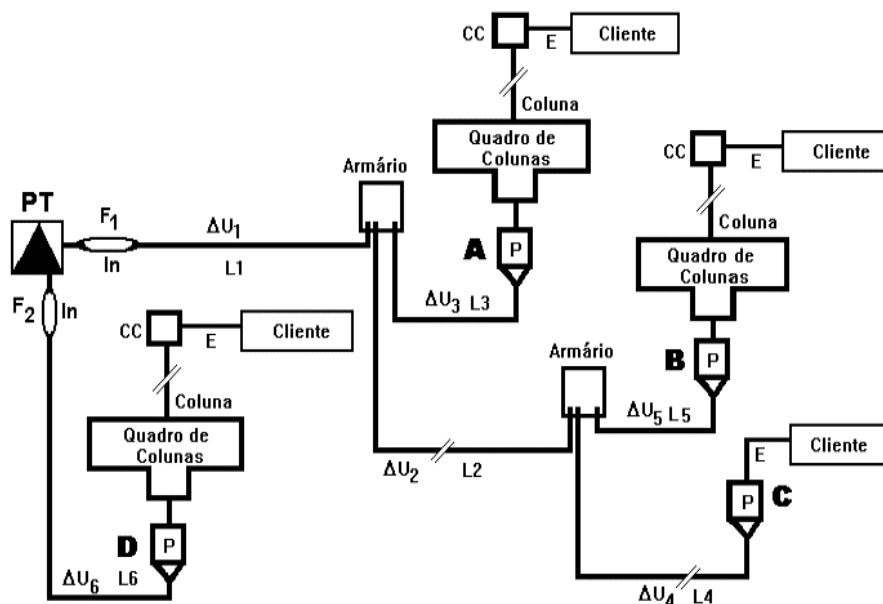


Figura 22 – Exemplo de um esquemático de uma rede subterrânea

Como se observa no esquema, existem vários edifícios (A, B, C, D). Cada edifício tem um circuito devidamente dimensionado para poder ser alimentado em boas condições. Como exemplo, a canalização do edifício A (troço L3), obedece à metodologia apresentada em (7.1) a (7.5), tendo em conta as regras definidas no RSICEE (Regulamento de Segurança de Instalações Coletivas de Edifícios e Entradas). O cabo selecionado para ser considerado adequado tem de garantir não só a queda de tensão nesse troço L3, mas também a queda de tensão no troço antecedente (L1).

4.9. Inovgrid

A necessidade emergente de controlar e reduzir os gastos energéticos é um objetivo que, atualmente assume uma grande importância e relevo. Com isto a EDP criou este projeto inovador que vai dotar a rede elétrica de informação e equipamentos inteligentes capazes de automatizar a gestão de energia, fazendo com que a qualidade de serviço melhore, os custos sejam menores e a eficiência energética e a sustentabilidade ambiental cresçam [14].

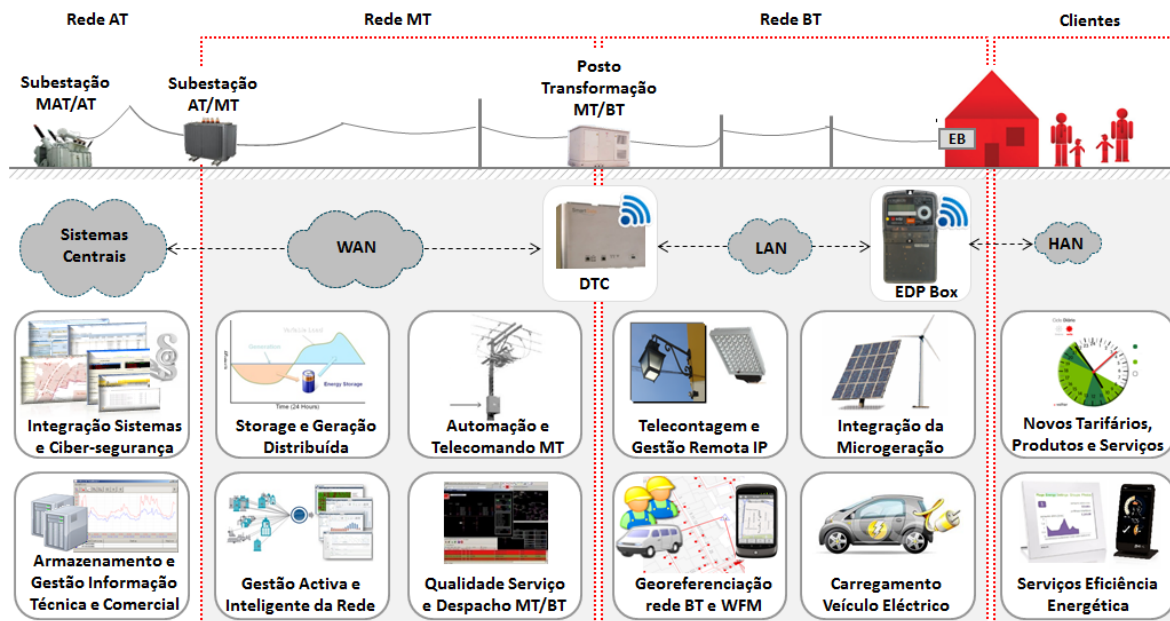


Figura 23 – Esquema de ligação do projeto inovgrid (visão global) [15]

Ao analisar a figura 23 consegue-se perceber que a EB, vai recolher várias informações desde o consumo em tempo real, o cliente poderá realizar alterações contratuais de potência, ciclo ou tarifário, pode também consultar e analisar o padrão de consumo e ou simulações de ciclos horários, entre outras coisas.

Essa informação é recolhida através dos DTC's que estão instalados nos PT's, essa informação é inserida nos servidores da empresa, que através da ligação à internet os clientes têm acesso a todos os seus dados.

EDP BOX

A EB é um terminal de rede inteligente que substitui o atual contador de eletricidade, com o objetivo de promover a eficiência energética e melhorar a qualidade do serviço prestado.

Este equipamento (Figura 24) permite que as suas faturas venham, futuramente, a ser emitidas com base em consumos reais e não em estimativas de consumo, uma vez que permite a comunicação direta e automática de leituras.

Permite ainda que a EDP Distribuição proceda de forma rápida e remota, sem necessidade de estar presente no local, e efetuar alterações contratuais que sejam solicitadas, tais como:

- Alterações de potência;
- Alterações tarifárias;

- Informações sobre equipamento;
- Informações de leitura, consumo e tarifa.



Figura 24 – Tipo de EB "SagemCom"

Distribution Transformer Controllers

Este sistema é composto por um *SmartGate*, tecnicamente designado por DTC, que é colocado no PT, Figura 25. A principal função do DTC é a comunicação e gestão das EB's, existentes na rede BT da subestação [14].

O DTC opera, ainda, quer como um dispositivo inteligente de controlo e automação do PT, quer na deteção de defeito e controlo da iluminação pública. O DTC é também responsável pela implementação de outras funções, das quais se destacam as de utilização: o balanço energético, a monitorização do desequilíbrio de carga e de sobrecarga do transformador, análise da qualidade da energia e a deteção e notificação de falhas de energia.



Figura 25 – DTC "Efacec"

5. REDES DE DISTRIBUIÇÃO MT

As redes elétricas de média tensão, são designadas por redes de distribuição em MT.

Nas linhas de MT as tensões mais comuns são de 10, 15 e 30 kV. Estas ligam as subestações aos postos de transformação ou ligam diferentes postos de seccionamento/transformação entre si. Podem ser aéreas ou subterrâneas. As linhas aéreas são normalmente em cabo nu, apoiadas em postes de betão ou metálicos (onde o acesso é mais complexo), sendo os condutores suspensos ou apoiados por isoladores [11].

5.1. Topologias das redes de distribuição MT

Existem dois tipos principais de estruturas de redes de distribuição de MT, estrutura radial e estrutura em anel, conforme representado na Figura 26.

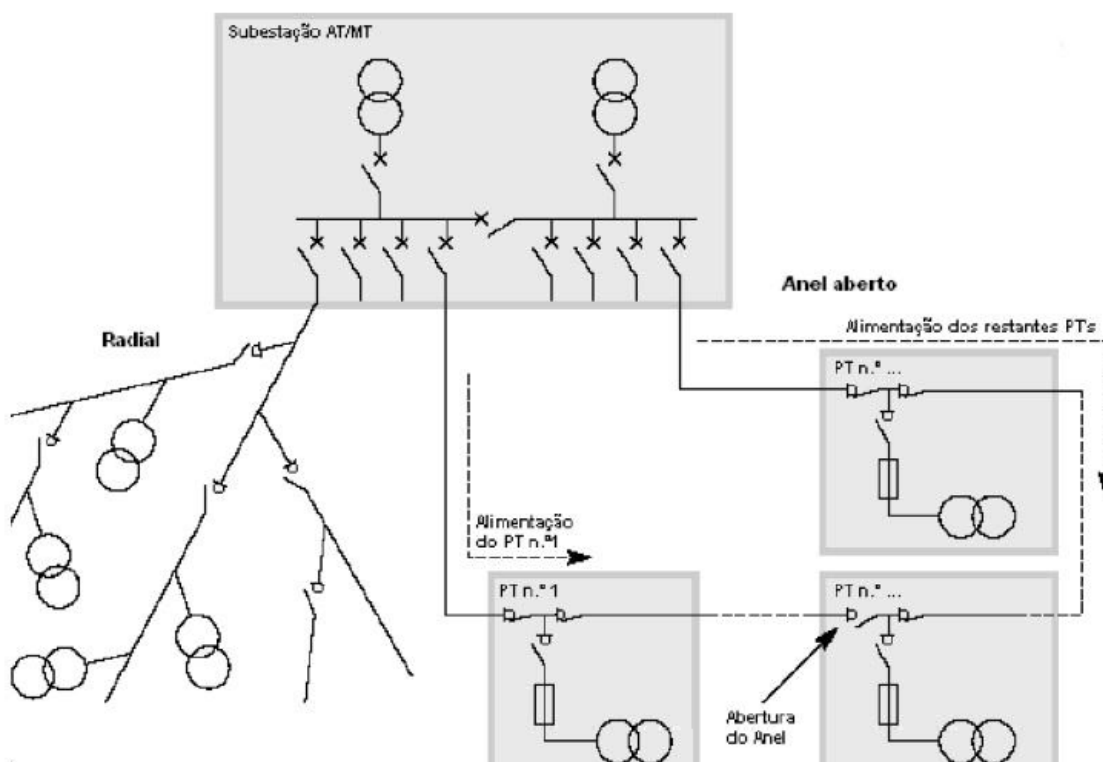


Figura 26 – Ilustração dos esquemas de distribuição utilizados em MT [16]

As redes radiais, também designadas por redes em antena, apresentam uma disposição arborescente. Estas são caracterizadas por possuírem uma única linha para a alimentação dos consumidores, condicionando, desta forma, a realimentação dos mesmos na ocorrência de defeitos. Este tipo de exploração apresenta baixo custo de instalação, sendo

particularmente utilizadas na distribuição aérea e em zonas rurais, com baixa densidade de clientes/consumo.

As redes exploradas em anel aberto são dotadas de duas linhas de alimentação, o que possibilita a alimentação dos consumidores através de dois caminhos elétricos distintos. Em condições normais de alimentação, apenas um dos caminhos é utilizado, constituindo o outro caminho para alimentação dos consumidores em situações de defeito. Neste tipo de exploração verifica-se uma maior continuidade de serviço, sendo particularmente utilizadas na distribuição subterrânea e em zonas urbanas [17].

5.2. Níveis de tensão de ligação em MT

Na tabela seguinte são consideradas e caracterizadas as ligações em média tensão (MT).

Tabela 3 – Caracterização dos níveis de tensão, [7]

Média Tensão
MT
$1 \text{ kV} \leq \text{MT} \leq 45 \text{ kV}$
$P \leq 10 \text{ MVA}$

Nas ligações MT, a grande diferença é que o nível de tensão é maior e a potência a contratar também é superior.

5.3. Potências normalizadas

Em média e alta tensão existe no mercado nacional a normalização de potência, para as ligações em MT, tal como indicado na tabela 4. Esta normalização baseia-se nos valores das potências típicas dos transformadores utilizados nas subestações e nos postos de transformação[7].

Tabela 4 – Potências normais recomendadas para os transformadores

Escalaões de Potência (kVA)	
50	1000
10	1250
160	1600
200	2000
250	2500
315	10000
400	20000
500	31500
630	40000
800	

5.4. Ligação em MT

5.4.1. Conceitos técnicos

Quando se trata de ligações em MT terá de existir um posto de transformação de cliente (PTC), para a receção de energia (ponto de receção). A tipologia e o tipo de rede determinam a escolha a fazer quanto ao tipo de PT: PT aéreo ou PT de cabine. Tendo em vista a interligação da rede de MT com a instalação de utilização de serviço particular, poderá tornar-se necessária a instalação de postos de seccionamento.

5.4.2. Ligação aérea

5.4.2.1. PT Aéreo

Existem dois tipos de PT's, isto é, AI e AS. O PT AI é um PT aéreo com interruptor e o AS é um PT aéreo, mas com seccionador.

A Figura 27 ilustra a ligação de um PT-AI/AS, em que o transformador de potência está fixo a um poste de betão (adequado) onde a parte superior (chegada da linha) pertence à EDP e a parte de baixo ao cliente, caso se trate de um PTC. (posto transformação de cliente).

Os DST e órgãos de corte são propriedade do cliente que é responsável pela sua manutenção.

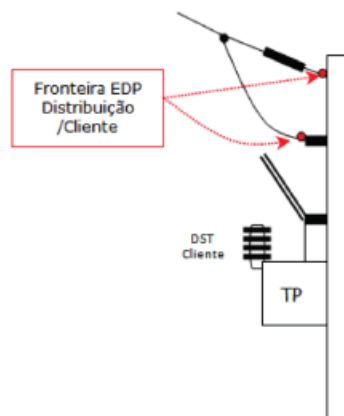


Figura 27 – Fronteira de um PT, entre a EDP e o cliente

5.4.2.2. PT Cabine Alta – CA2 (entrada por isolador de travessia)

A Figura 28 mostra a ligação da cabine pelo isolador de travessia. Os descarregadores de sobretensão estão do lado da MT. De referir que a manutenção da consola de amarração, desde que não faça parte integrante da construção do PTC, é da responsabilidade da EDP Distribuição.

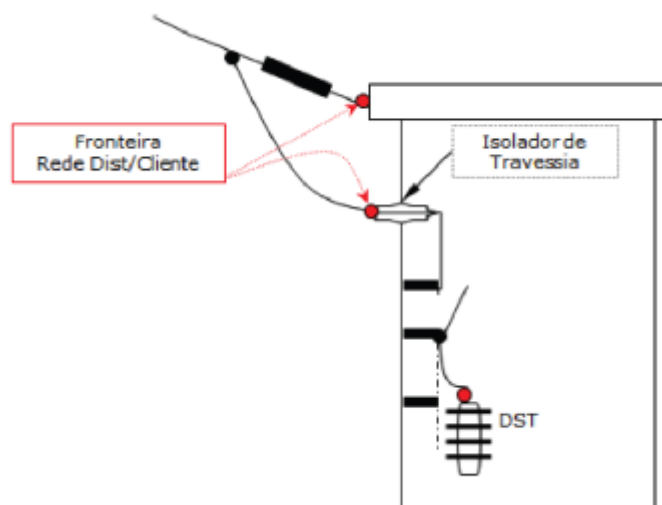


Figura 28 – Fronteira de uma CA, entre a EDP e o cliente

5.4.3. Ligação subterrânea

5.4.3.1. PT Cabine Baixa – CB (contagem em BT)

A razão da contagem ser em BT é essencialmente derivado às potências contratadas e à tipologia do PT, isto é, se for aéreo tem potência à partida mais baixa.

Na Figura 29 apresenta-se um esquema referente à ligação subterrânea, com destaque para o ponto que delimita a ligação EDP/Cliente.

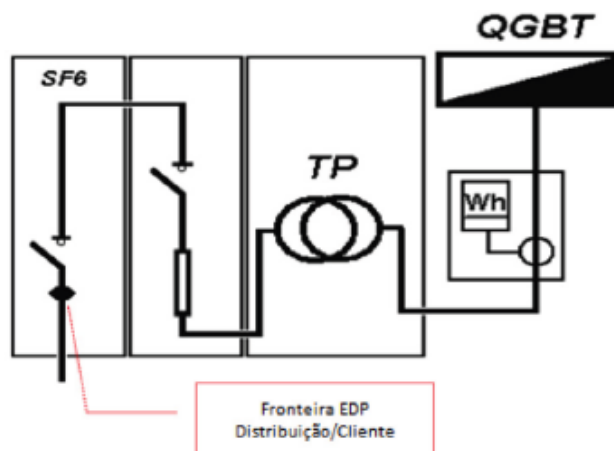


Figura 29 – Fronteira de uma CB com contagem em BT, entre a EDP e o cliente

A manobra do seccionador de entrada é da responsabilidade do cliente, como tal não devem existir encravamentos mecânicos.

As facas de terra do órgão de corte de chegada, a existir, devem ser dotadas de encravamentos mecânicos, apenas possibilitando a manobra pela EDP Distribuição.

5.4.3.2. PT Cabine Baixa – CB (contagem em MT)

Quando se trata de uma cabine e se tiver uma potência de 250 kVA a contagem idealmente seria na parte da MT, porque assim haveria uma contabilização das perdas do transformador. De referir que num PT aéreo essas perdas não são contabilizadas e impostas ao cliente.

Na Figura 30 apresenta-se a fronteira de uma cabine baixa que a contagem é feita na parte de MT.

A manobra do seccionador de entrada é da responsabilidade do cliente, portanto não devem existir encravamentos mecânicos.

As facas de terra do órgão de corte de chegada, a existir, devem ser dotados de encravamentos mecânicos, apenas possibilitando a manobra pelo operador da rede.

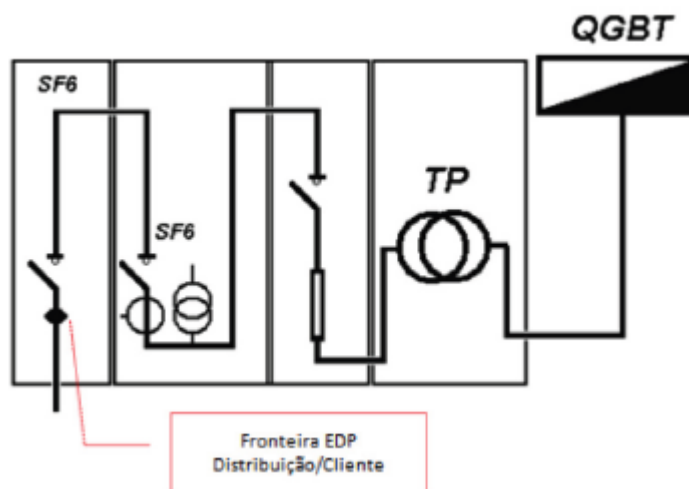


Figura 30 – Fronteira de uma CB com contagem em MT, entre a EDP e o cliente

Os transformadores de medida (corrente e tensão), instalados pelo cliente, são propriedade do operador da rede.

5.4.3.3. PT Cabine Baixa com PS – CB (contagem em BT)

O PS serve essencialmente como ponto de fronteira entre duas linhas, isto é, aberto de um lado e fechado do outro com a possibilidade de fechar em anel por aí.

Na Figura 31 apresenta-se uma cabine baixa com PS que faz a fronteira de duas linhas.

O PS deve localizar-se, sempre que possível, no limite da propriedade, em local de fácil acesso a partir da via pública.

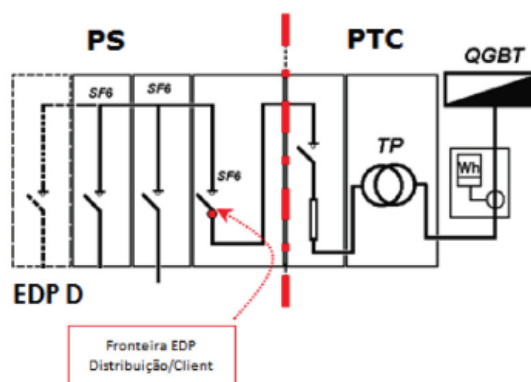


Figura 31 – Fronteira de uma CB com posto de seccionamento, entre a EDP e o cliente.

Os PS a integrar na rede pública, deverão estar dotados de celas motorizadas do tipo compacto, com vista ao telecomando da rede.

A Figura 32 corresponde a uma ligação de um PTC com PS associado à BT.

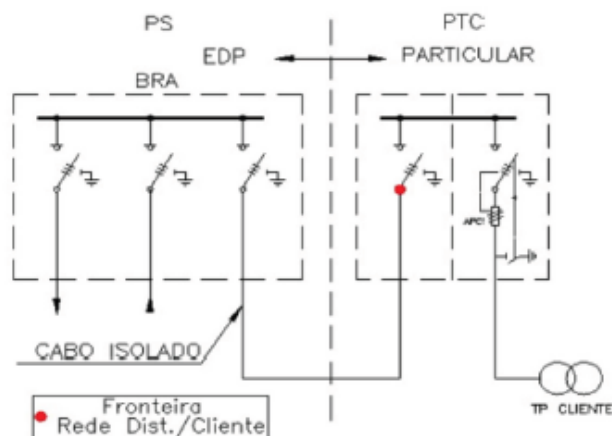


Figura 32 – Tipologia de ligação de PTC ≤ 250 kVA com PS associado e contagem em BT

O PS dentro ou fora do mesmo edifício liga-se eletricamente ao PTC através de cabo isolado a licenciar pela EDP Distribuição.

5.4.3.4. PT Cabine Baixa com PS (contagem em MT)

Na Figura 33 apresenta-se a fronteira de um CB com posto de seccionamento, entre a EDP e o cliente.

O PS deve localizar-se, sempre que possível, no limite da propriedade, em local de fácil acesso a partir da via pública. Os transformadores de corrente e tensão são propriedade do operador da rede e instalados pelo cliente.

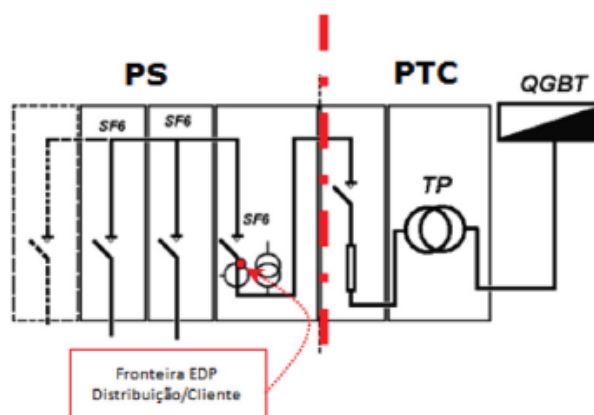


Figura 33 – Fronteira de uma CB com posto de seccionamento, entre a EDP e o cliente

Os PS a integrar na rede pública, deverão estar dotados de celas motorizadas do tipo compacto, com vista ao telecomando da rede.

A Figura 34 corresponde a uma ligação de um PTC com PS associado à MT.

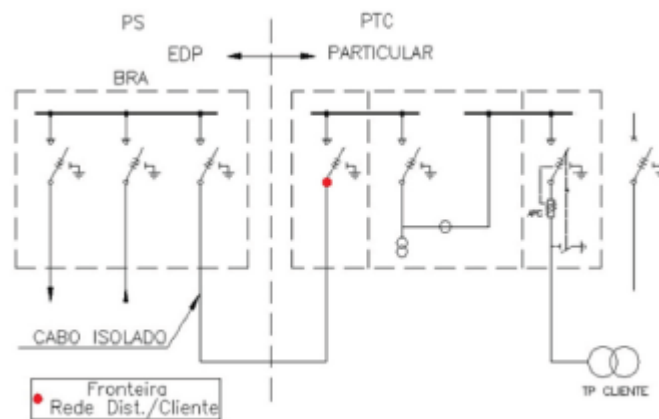


Figura 34 – Tipologia de ligação de PTC > 250 kVA com PS associado e contagem em MT

A diferença que existe nesta figura 34 para a figura 32, é que a contagem é feita em MT, em vez de ser em BT.

5.5. Elementos que constituem as linhas de média tensão

5.5.1. Condutores

Nas linhas aéreas, os condutores utilizados são constituídos por materiais de elevada condutividade elétrica, como o cobre ou o alumínio. A solução adotada em redes aéreas MT, AT e MAT passa pelo uso de condutores de alumínio com alma de aço, em detrimento do cobre, sendo que a sua constituição contempla uma alma de fios de aço envolvidos por camadas consecutivas de fios de alumínio.

O número de camadas, tanto de fios de aço como de alumínio, é ainda determinado pela secção do condutor, sendo que o primeiro tem apenas a função de garantir resistência mecânica ao cabo, o segundo é o elemento responsável pela condução da corrente elétrica. A utilização de condutores de alumínio com alma de aço (Figuras 35 e 36), relativamente

aos de cobre, tendo em conta uma comparação entre condutores com a mesma resistência elétrica, apresenta as seguintes vantagens:

- Maior diâmetro, que permite reduzir o efeito de coroa;
- Maior resistência mecânica, que possibilita a utilização de tensões de tração superiores e, conseqüentemente, uma redução nas flechas;
- Custo mais reduzido.

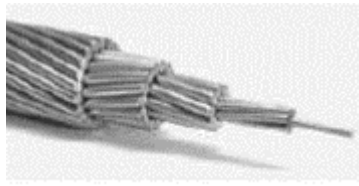


Figura 35 – Conductor de alumínio com alma de aço

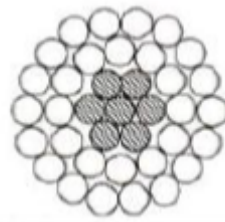


Figura 36 – Corte de condutor de alumínio com alma de aço

Atualmente tem-se usado condutores tipo ASTER (ligas de alumínio), sendo a sua vantagem a uniformidade do material (não tem uma alma de outro material), logo o seu peso é inferior [18].

5.5.2. Apoios

Um apoio é um elemento de uma linha aérea que tem como função o suporte dos condutores, cabos de guarda, dos isoladores e outros acessórios (Figura 37).

Os apoios utilizados em Portugal podem ser metálicos ou de betão, sendo que a escolha de cada um deles depende de fatores como a implantação, isto é, onde irá ser colocado e os esforços a que vai estar sujeito.

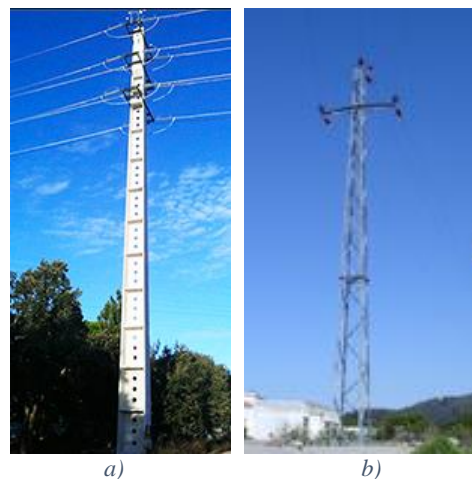


Figura 37 – Apoios (a)betão (b)metálico

Os apoios metálicos apresentam a vantagem de poderem ser transportados (divididos em várias partes), sendo montados no local, o que facilita a sua colocação em acessos difíceis. As principais desvantagens destes apoios são: quanto maior for a sua altura maior será a sua base e o preço mais elevado relativamente aos de betão.

Os apoios de betão têm a vantagem de ocupar menos espaço no solo. A principal desvantagem é o seu transporte visto que estes apoios não são desmontáveis, tornando a sua implantação mais difícil.

5.5.3. Classificação dos apoios

Os apoios podem ter diversas funções, conforme o RSLEAT, sendo as principais as seguintes:

- Alinhamento - apoio colocado num troço retilíneo de linha, Figura 38(a);
- Ângulo - apoio implantado num determinado angulo, Figura 38(b);
- Reforço - apoio que suporta esforços longitudinais para reduzir consequências resultantes da rotura de condutores ou cabos de guarda, Figura 38(c);
- Fim de linha - apoio que suporta a totalidade dos esforços que os acessórios da linha lhe transmitem de um só lado, Figura 38(d);
- Derivação em alinhamento - apoio onde se estabelecem derivações em alinhamento, Figura 38(e);
- Derivação em ângulo - apoio onde se estabelecem derivações em ângulo, Figura 38(f).

Na Figura 38 mostram-se os exemplos de apoios com as diversas funções acima referidas.

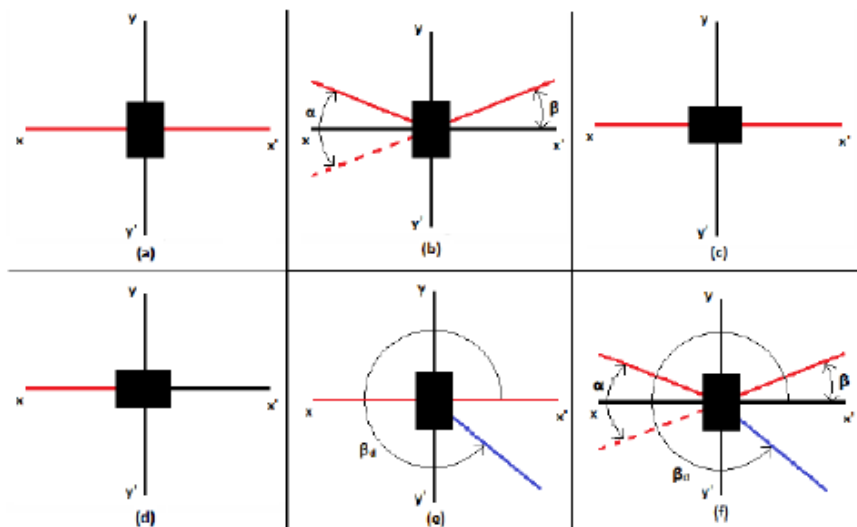


Figura 38 – Funções dos apoios

5.5.4. Tipos de esforços

Os apoios de uma linha aérea sofrem solicitações de diversos tipos. Essas solicitações, ou esforços, dependem do tipo de apoio e são normalmente classificados da seguinte maneira:

- Esforços Transversais;
- Esforços Longitudinais;
- Esforços Verticais.

Os esforços mecânicos que resultam da ação do vento sobre os apoios e a força que os condutores aplicam, quando estes formam ângulos, significam que se está perante esforços transversais. No caso de os apoios suportarem os condutores apenas de um dos lados, ou então, os vãos adjacentes serem diferentes, representa um tipo de esforço longitudinal. Por fim, os esforços verticais são os esforços que os apoios sofrem devido ao peso dos condutores e também ao peso que o gelo aplica a estes. A força do vento nas armações será desprezada.

Nas equações seguintes, n é o número de vãos, F_v e F_{vc} são a força do vento nos condutores e nas cadeias de isoladores em daN/m, respetivamente. T_i é a tração total no vão i , em daN,

dada pela equação (5. 1), β_i é o ângulo do vão i em graus, $L_{vão}$ o comprimento do vão i , em metros, p é o peso específico do condutor no vão i , em daN/m, e P_{cis} e P_a , os pesos respetivamente de uma cadeia de isoladores e de uma armação, em daN.

O ângulo do vão é medido em graus, a partir do eixo positivo das abcissas sendo positivo se medido no sentido anti-horário, ou negativo se medido no sentido horário.

No caso de o apoio estar em ângulo, tem de ser traçada uma bissetriz no vértice do ângulo formado pelos dois vãos adjacentes, sendo a bissetriz colocada em posição normal ao eixo das abcissas.

A força do vento nos isoladores é calculada através da equação 5.31, considerando d o diâmetro dos isoladores em metros.

Os esforços nos apoios são calculados através das equações (5. 1) e (5. 2), para a hipótese 1 (significa que o vento é perpendicular à linha principal ou paralelo à bissetriz do ângulo da linha principal), com vento a incidir na direção normal à linha [19].

$$F_x = 3 \times \left| \sum_{i=1}^n T_i \times \cos(\beta_i) \right| \quad (5.1)$$

$$F_y = 3 \times \left(\sum_{i=1}^n T_i \times \cos^2(\beta_i) \times \frac{l_i}{2} + F_{vc} + \left| \sum_{i=1}^n T_i \times \sin(\beta_i) \right| \right) \quad (5.2)$$

No cálculo dos esforços para a hipótese 2 (significa que o vento é paralelo à linha principal ou perpendicular à bissetriz do ângulo da linha principal) são usadas as equações (5. 3) a (5. 10), considerando o vento na direção da linha.

Caso o apoio esteja em alinhamento ou em ângulo, a componente horizontal do vento deve ser multiplicada por um quinto. As equações usadas são as (5. 3) e (5. 4) [19].

$$F_x = 3 \times \frac{1}{5} \times \left(\sum_{i=1}^n F_v \times \cos^2(\beta_i) \times \frac{l_i}{2} + F_{vc} \right) \quad (5.3)$$

$$F_y = 0 \quad (5.4)$$

Para os apoios em derivação, as equações usadas são a (5. 5 e 5. 6) [19].

$$F_x = 3 \times \left(\sum_{i=1}^n F_v \times \sin^2(\beta_i) \times \frac{l_i}{2} + F_{vc} + \left| \sum_{i=1}^n T_i \times \cos(\beta_i) \right| \right) \quad (5.5)$$

$$F_y = 3 \times \left| \sum_{i=1}^n T_i \times \sin(\beta_i) \right| \quad (5.6)$$

No caso de o apoio ser de reforço ou de fim de linha, deve considerar-se a quebra de um cabo. Portanto será considerada a força horizontal como sendo dois terços da soma das componentes horizontais das trações máximas unilaterais exercidas por todos os cabos [18].

$$F_x = \frac{2}{3} \times 3 \times T \quad (5.7)$$

$$F_y = 0 \quad (5.8)$$

Se o apoio for de derivação em reforço, são usadas as equações (5. 9 e 5. 10). Ou seja, é considerada a força horizontal como sendo dois terços da soma das componentes horizontais das trações máximas unilaterais exercidas por todos os cabos, na linha principal, e a resultante das componentes horizontais das trações máximas exercidas pelos cabos na linha derivada[19].

$$F_x = \frac{2}{3} \times 3 \times T + 3 \times \left| \sum_{i=3}^n T_i \times \cos(\beta_i) \right| \quad (5.9)$$

$$F_y = 3 \times \left| \sum_{i=3}^n T_i \times \sin(\beta_i) \right| \quad (5.10)$$

Para calcular os esforços causados pelos pesos dos cabos, isoladores e armações no apoio, é usada a equação (5. 11) [20].

$$F_z = 3 \times \sum_{i=1}^n \left(\omega_1 \times \frac{l_1}{2} + P_{cis} \right) + P_a \quad (5.11)$$

Para verificar se os apoios são os adequados para aguentar os esforços solicitados, as forças calculadas devem respeitar a condição considerando vento, conforme o RSLEAT, para a hipótese 1, para apoios que não estão em reforço [19].

$$\frac{f_x}{S_y} + \frac{f_y}{F_x} < 1 \quad (5.12)$$

Em que f_x e f_y são as forças calculadas em daN, e S_y e F_x as forças retiradas das tabelas 5 e 6. Para a hipótese 2, S_y e F_x são substituídos por S'_y e F'_x .

Caso o apoio esteja em reforço, é usada a equação (5.13), considerando vento de 750 Pa (exemplo), para a hipótese 1, em que apenas trocam de posição S_y e F_x . Para a hipótese 2 são usados S'_y e F'_x .

$$\frac{f_x}{S_y} + \frac{f_y}{F_x} < 1 \quad (5.13)$$

Tabela 5 – Esforços em vários apoios, [21]

Solicitação principal (daN)	Altura total (m)	Coordenadas											
		Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X
		F_{750}	S_{750}	F'_{750}	S'_{750}	F_{900}	S_{900}	F'_{900}	S'_{900}	F_{ON}	S_{ON}	F_{OF}	S_{OF}
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
400	14	400	220	195	107	377	207	131	72	260	592	325	260
	16	400	220	146	80	371	204	67	37	260	592	325	260
	18	400	220	90	49	365	201	-6	-4	260	592	325	260
600	16	600	320	334	178	571	304	252	134	673	303	842	379
	18	600	320	275	147	565	301	176	94	673	303	842	379
	20	600	320	211	112	559	298	93	49	673	303	842	379
	22	600	320	160	85	553	295	26	13	673	303	842	379
800	14	800	420	554	291	774	406	480	252	883	398	1104	497
	16	800	420	499	262	768	403	407	214	883	398	1104	497
	18	800	420	434	228	762	400	324	170	883	398	1104	497
	20	800	420	365	191	755	396	233	122	883	398	1104	497
1000	22	800	420	309	162	749	393	161	84	883	398	1104	497
	16	1000	520	665	346	966	502	564	293	1093	492	1367	615
	18	1000	520	596	310	959	498	474	246	1093	492	1367	615
	20	1000	520	521	271	951	495	377	196	1093	492	1367	615
1200	22	1000	520	461	240	946	491	300	156	1093	492	1367	615
	14	1200	560	878	410	1172	547	786	367	1293	582	1617	728
	16	1200	560	807	376	1166	544	695	324	1293	582	1617	728
	18	1200	560	726	339	1159	541	591	276	1293	582	1617	728
	20	1200	560	639	298	1151	537	479	223	1293	582	1617	728
	22	1200	560	569	265	1146	534	389	181	1293	582	1617	728
	24	1200	560	471	219	1137	530	262	122	1293	582	1617	728
1400	26	1200	560	365	170	1128	526	128	59	1293	582	1617	728
	28	1200	560	271	126	1121	523	7	3	1293	582	1617	728
	16	1400	650	970	450	1363	633	847	393	1503	676	1879	846
	22	1400	650	717	333	1342	623	522	242	1503	676	1879	846
	24	1400	650	613	284	1333	619	389	180	1503	676	1879	846
	26	1400	650	502	233	1324	614	247	114	1503	676	1879	846
	28	1400	650	403	187	1316	611	120	55	1503	676	1879	846
1600	30	1400	650	280	130	1305	606	-38	-18	1503	676	1879	846
	32	1400	650	151	70	1295	601	-203	-95	1503	676	1879	846
	14	1600	740	1214	561	1567	724	1104	511	1713	771	2142	964
	16	1600	740	1133	524	1560	721	1000	462	1713	771	2142	964
	18	1600	740	1041	481	1552	718	883	408	1713	771	2142	964
	22	1600	740	865	400	1538	711	656	303	1713	771	2142	964
	24	1600	740	755	349	1529	707	516	238	1713	771	2142	964
	26	1600	740	639	295	1519	702	367	169	1713	771	2142	964
	28	1600	740	536	247	1511	698	234	108	1713	771	2142	964
	30	1600	740	407	188	1500	694	70	32	1713	771	2142	964
1600	32	1600	740	273	126	1489	688	-103	-48	1713	771	2142	964

Solicitação principal (daN)	Altura total (m)	Coordenadas											
		Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X
		F ₇₅₀	S ₇₅₀	F ₇₅₀	S ₇₅₀	F ₉₀₀	S ₉₀₀	F ₉₀₀	S ₉₀₀	F _{ON}	S _{ON}	F _{OF}	S _{OF}
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2250	14	2250	1000	1770	786	2217	985	1641	729	2363	945	2954	1182
	16	2250	1000	1673	743	2210	982	1518	675	2363	945	2954	1182
	18	2250	1000	1564	695	2202	979	1380	613	2363	945	2954	1182
	20	2250	1000	1449	644	2194	975	1233	548	2363	945	2954	1182
	22	2250	1000	1358	603	2188	972	1118	496	2363	945	2954	1182
	24	2250	1000	1230	546	2179	968	956	424	2363	945	2954	1182
	26	2250	1000	1096	487	2169	964	785	348	2363	945	2954	1182
	28	2250	1000	976	434	2161	960	633	281	2363	945	2954	1182
	30	2250	1000	829	368	2150	955	446	198	2363	945	2954	1182
	32	2250	1000	675	300	2139	950	250	111	2363	945	2954	1182
	14	2750	1300	2250	1063	2712	1282	2113	999	2883	1153	3604	1442
	16	2750	1300	2152	1017	2705	1278	1988	939	2883	1153	3604	1442
2750	18	2750	1300	2043	965	2696	1274	1848	873	2883	1153	3604	1442
	20	2750	1300	1927	911	2687	1270	1700	804	2883	1153	3604	1442
	22	2750	1300	1836	868	2680	1267	1584	749	2883	1153	3604	1442
	24	2750	1300	1710	808	2670	1262	1423	672	2883	1153	3604	1442
	26	2750	1300	1577	745	2660	1257	1253	592	2883	1153	3604	1442
	28	2750	1300	1459	689	2651	1253	1102	521	2883	1153	3604	1442
	30	2750	1300	1314	621	2639	1247	917	433	2883	1153	3604	1442
	32	2750	1300	1164	550	2628	1242	724	342	2883	1153	3604	1442
	14	4000	1800	3403	1531	3957	1780	3242	1458	4211	1894	5263	2367
	16	4000	1800	3289	1480	3949	1777	3096	1393	4211	1894	5263	2367
	18	4000	1800	3162	1422	3940	1773	2934	1320	4211	1894	5263	2367
	20	4000	1800	2923	1315	3922	1765	2631	1183	4211	1894	5263	2367
4000	22	4000	1800	2777	1250	3912	1760	2445	1100	4211	1894	5263	2367
	24	4000	1800	2625	1181	3901	1755	2251	1013	4211	1894	5263	2367
	26	4000	1800	2462	1101	3891	1750	2058	926	4211	1894	5263	2367
	28	4000	1800	2290	1011	3881	1745	1865	839	4211	1894	5263	2367
	30	4000	1800	2110	911	3871	1740	1672	752	4211	1894	5263	2367
	32	4000	1800	1923	801	3861	1735	1479	665	4211	1894	5263	2367
	14	5000	2350	4379	2058	4952	2327	4208	1977	5235	2460	6543	3075
	16	5000	2350	4262	2003	4943	2323	4058	1907	5235	2460	6543	3075
	18	5000	2350	4133	1942	4933	2318	3893	1830	5235	2460	6543	3075
	20	5000	2350	3997	1878	4923	2314	3720	1748	5235	2460	6543	3075
	22	5000	2350	3891	1829	4915	2310	3585	1685	5235	2460	6543	3075
	24	5000	2350	3745	1760	4903	2304	3398	1597	5235	2460	6543	3075
5000	26	5000	2350	3592	1688	4891	2299	3202	1505	5235	2460	6543	3075
	16	7500	3400	6724	3048	7443	3374	6513	2952	7735	3506	9668	4382
	18	7500	3400	6589	2987	7433	3370	6340	2874	7735	3506	9668	4382
	20	7500	3400	6446	2922	7423	3365	6159	2792	7735	3506	9668	4382
	22	7500	3400	6335	2872	7415	3361	6017	2728	7735	3506	9668	4382
	24	7500	3400	6181	2802	7403	3356	5821	2639	7735	3506	9668	4382
	26	7500	3400	6020	2729	7391	3351	5616	2546	7735	3506	9668	4382

5.5.5. Isoladores

Nas linhas aéreas a separação entre travessas e as peças em tensão é feita por isoladores. Estes são fabricados em porcelana vidrada, em vidro ou outros materiais apropriados, não suscetíveis de degradação.

O seu correto dimensionamento tem como objetivo evitar o contornamento do isolamento. Mas caso ocorra um mau dimensionamento e uma manutenção deficiente, podem suceder as seguintes consequências:

- **Condutividade através da massa do isolador:** a corrente elétrica circula pela massa do isolador até ao apoio; este incidente não é grave, uma vez que o valor da corrente é desprezável;
- **Perfuração da massa do isolador:** este incidente já é bastante grave uma vez que a corrente que circula já não é desprezável; com o aumento do nível de tensão, este tipo de incidente tem maior probabilidade de acontecer;

- **Condutividade superficial:** devido ao depósito de impurezas na superfície dos condutores, poderá dar-se o caso de se estabelecer uma corrente elétrica pela superfície do condutor;
- **Descarga disruptiva e contornamento:** este incidente ocorre quando se forma um arco elétrico através do ar entre o isolador e o apoio. Este incidente depende das condições atmosféricas e também da rigidez dielétrica do ar.

Os isoladores podem ser dos tipos rígidos ou de cadeia. Relativamente ao custo de ambos, apenas se encontram vantagens na utilização de cadeias de isoladores, a nível de custo inicial, para tensões bastante elevadas [18].

5.5.6. Cadeias de Isoladores

As cadeias de isoladores podem ser estabelecidas em suspensão ou em amarração.

As vantagens das cadeias de isoladores, usadas nas linhas aéreas são o facto de possuírem alguma flexibilidade, amortecendo certos esforços mecânicos da linha.

No caso de ser uma cadeia em suspensão (Figura 39), a sua fixação ao braço do apoio resulta em uma disposição da cadeia na vertical e paralela ao apoio. Na extremidade inferior da cadeia de isoladores em suspensão está preso o condutor. São utilizadas quando estamos na presença de apoios em alinhamento. A vantagem que apresentam é o facto de ser necessário usar apenas uma cadeia por condutor em cada apoio, havendo assim uma poupança também a nível económico [18].

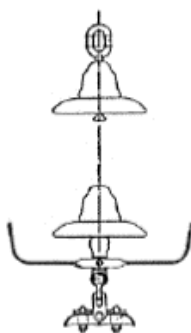


Figura 39 – Cadeias de isoladores em suspensão

Por outro lado, se for uma cadeia em amarração (Figura 40), a ligação entre o condutor e o apoio resulta numa posição praticamente horizontal. Neste caso, os apoios são sujeitos a esforços elevados, nomeadamente nos apoios em ângulo, nos apoios de fim-de-linha, ou apoios em reforço.

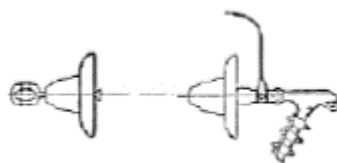


Figura 40 – Cadeias de isoladores em amarração

5.5.7. Armações

As armações correspondem a estruturas metálicas, colocadas na parte superior dos apoios, que suportam os condutores de uma linha aérea.

A disposição dos condutores pode ser em esteira horizontal, em esteira vertical, em triângulo, ou em galhardete.

Na EDP Distribuição são utilizadas as seguintes armações normalizadas:

- Armação em esteira horizontal (HRFSC/HPT4/PAN/PAL);
- Armação em triângulo em ângulo/alinhamento (TAN/TAL);
- Armação em galhardete em ângulo/alinhamento (GAN/GAL);
- Armação em esteira vertical ângulo/alinhamento (VAN/VAL).

As figuras abaixo mostram a disposição de cada uma destas armações normalizadas [23].

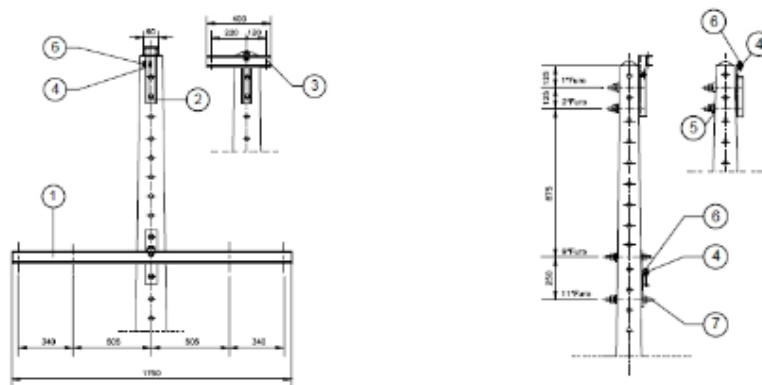


Figura 41 – TAL

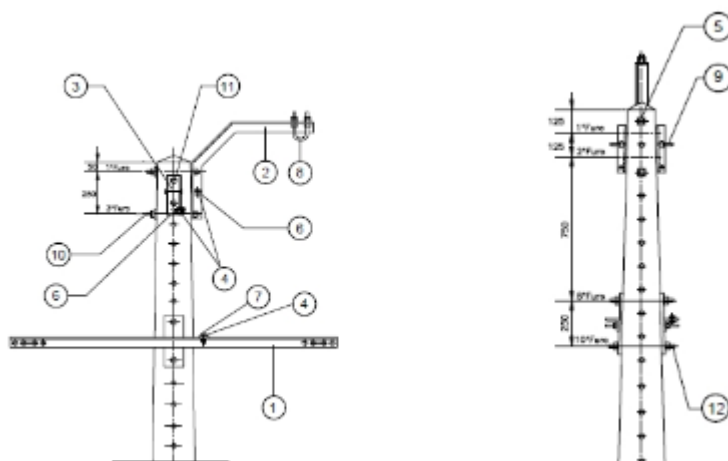


Figura 42 – TAN

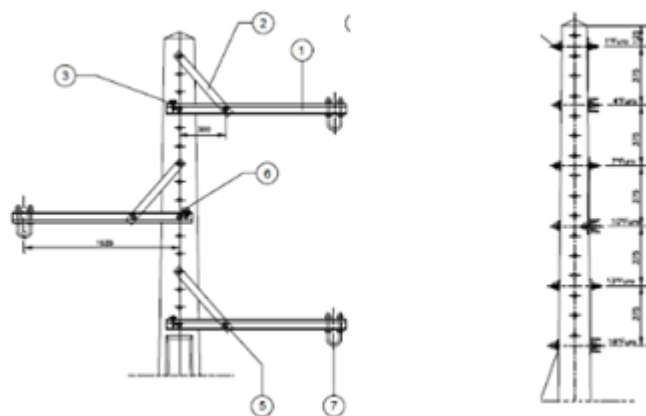


Figura 43 – GAL

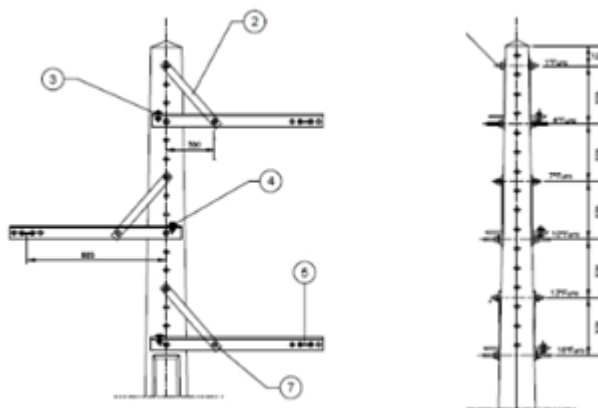


Figura 44 – GAN

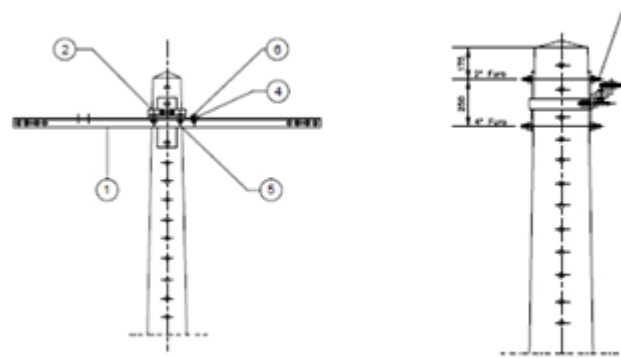


Figura 45 – HPT4

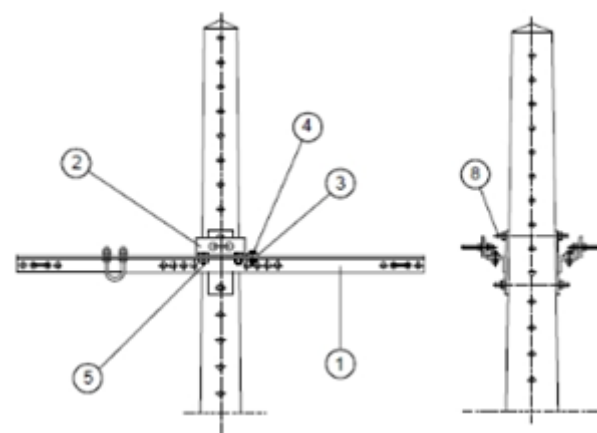


Figura 46 – HRFSC

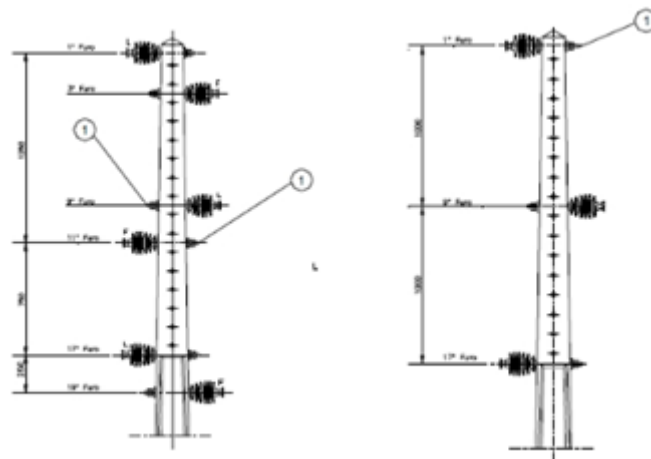


Figura 47 – VAL

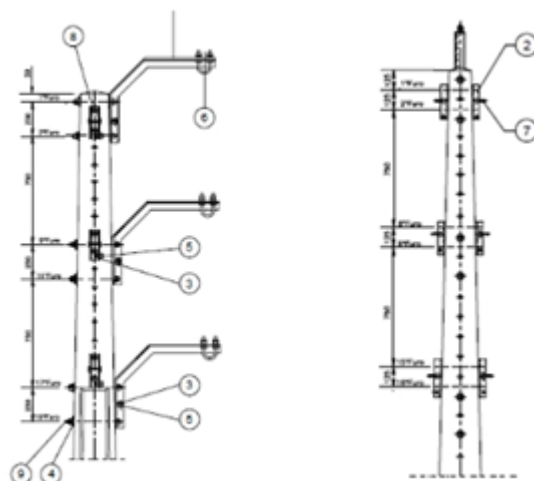


Figura 48 – VAN

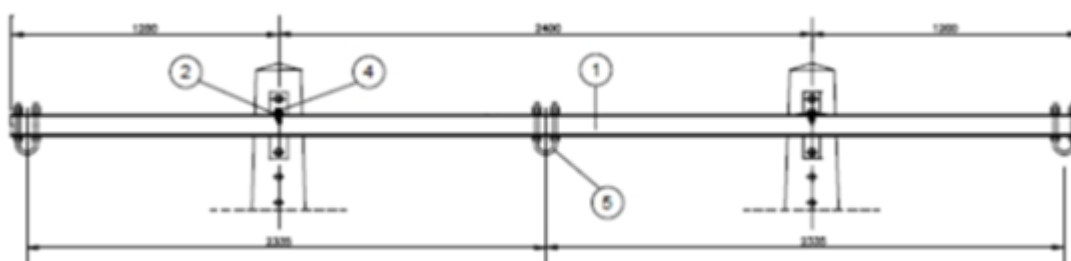


Figura 49 – PAL

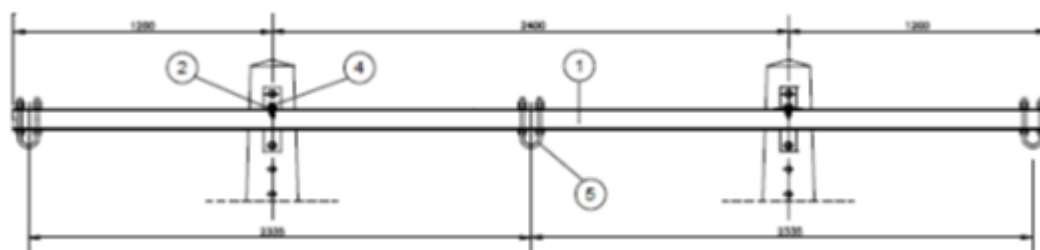


Figura 50 – PAN

5.6. Postos de transformação

O posto de transformação, numa rede, tem como objetivo proporcionar a transição entre diferentes níveis de tensão, recorrendo a transformadores.

Os transformadores são máquinas elétricas estáticas, com objetivo de transformar através da indução eletromagnética, um sistema de tensões (e correntes) alternadas num ou vários sistemas de tensões (e correntes) alternadas diferentes, mas com a mesma frequência [24].

Os postos de transformação (PT'S) são constituídos essencialmente por Equipamentos de interrupção/seccionamento, proteção e contagem. Os PT's podem ser de dois tipos:

- Aéreos;
- Cabina.

Na EDP Distribuição são ainda considerados os dois tipos de PT: O PTD que quer dizer que é um posto de transformação de distribuição. Neste caso, é a EDP Distribuição que detém a exploração do mesmo e a sua instalação é do encargo da mesma. No PTC é um posto de transformação de cliente onde o cliente é que constrói e explora, assegurando as condições necessárias.

Os PT's aéreos podem ser AS (aéreo com seccionador) e AI (aéreo com interruptor), mas atualmente, existem novos projetos onde estão em uso PT aéreo R100 e R250.

A potência máxima instalada é de 100 kVA para os PT's AS e de 250 kVA para os PT's AI (Figura 51).



(a)



(b)

Figura 51 – Postos de transformação aéreos: (a) PT AS e (b) PT AI

A proteção de pessoas, contra contatos acidentais, é garantida através da execução da terra de proteção, que liga as estruturas metálicas de amarração das linhas de MT, a cuba e suporte do transformador, o seccionador e respetivo comando e plataforma de manobras.

A terra de serviço será executada no local e ligada no QGBT para ligação da estrutura metálica e do neutro.

Os PT's em cabina podem ser do tipo (Figura 52): cabina alta, cabina baixa, cabina metálica, cabina subterrânea.



Figura 52 – Em cabina: (a). Monobloco, (b) PT CB e (c) PT CA

5.7. Seccionadores

Existem dois tipos de seccionadores. Os seccionadores horizontais, Figura 53(a), que são utilizados, para fazer a interrupção da linha em certos pontos. São, por isso colocados horizontalmente sobre certos apoios. Deste modo, consegue-se abrir a linha para que esta fique sem tensão. Assim, em caso de avarias ou mesmo no caso de construção e entrada de funcionamento de derivações de uma linha principal (ramais), é possível trabalhar na linha. Os seccionadores verticais, Figura 53(b), são utilizados nos apoios em que se faz descidas de cabos, ou em apoios onde se colocam os postos de transformação aéreos.

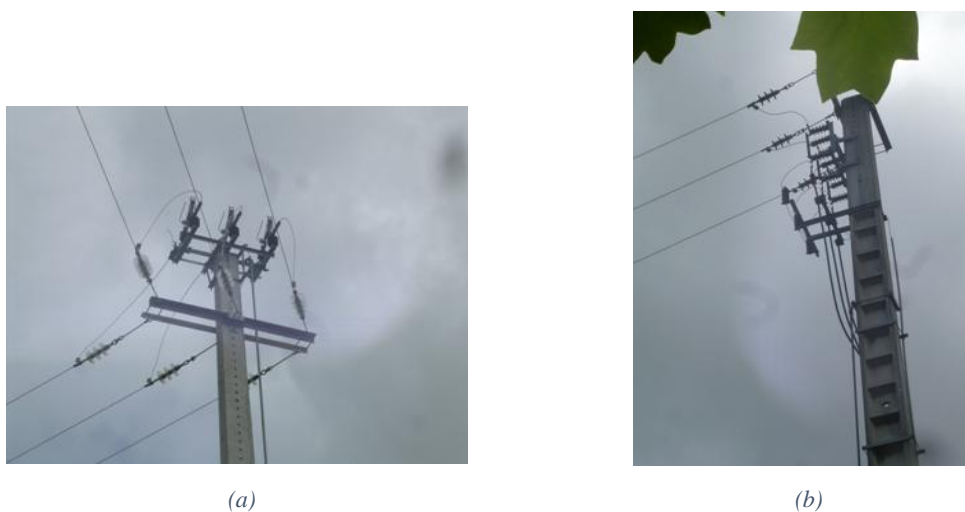


Figura 53 – Seccionadores: (a) Horizontal e (b) Vertical

5.8. Órgão de Corte de Rede

Este tipo de aparelho é utilizado para um rápido isolamento do troço de rede em defeito, minimizando os tempos de interrupção e facilitando a deteção expedita dos defeitos. Nas redes de distribuição de média tensão estão instalados os seguintes órgãos de corte:

- Interruptor Auto-Religador (IAR);
- Órgão de Corte de Rede tipo 1 (OCR1);
- Órgão de Corte de Rede tipo 2 (OCR2);
- Órgão de Corte de Rede tipo 3 (OCR3);
- Disjuntor Auto-Religador (DAR).

5.8.1. OCR1

O OCR1 é um dispositivo compacto caracterizado por um invólucro integralmente selado, contendo no seu interior Hexafluoreto de Enxofre (SF₆), que lhe confere qualidades excepcionais de extintor do arco elétrico. O nível de isolamento que consegue garantir, a informação mecânica inequívoca do seu estado (aberto ou fechado) e a possibilidade de encravamento na posição de aberto, conferem-lhe características que dispensam o corte visível (prescindindo da montagem de seccionador associado) (Figura 53) [25].



Figura 54 – a) OCR1 instalado na rede de MT b) sinóptico mecânico de indicação de estado (aberto ou fechado)

5.8.2. OCR2

A grande diferença deste órgão de corte de rede, para o anterior, é a capacidade de suportar uma maior corrente de circuito-circuito de curta duração, possuindo características elétricas muito semelhantes às do IAR. São aparelhos que pelo seu princípio de funcionamento poderão fechar sobre correntes de curto-circuito fase-fase ou fase-terra. Este aparelho possui uma pequena distância entre polos, podendo-se estabelecer arcos elétricos entre os polos na presença de sobretensões acentuadas. O OCR2 necessita de ter associado um seccionador que garanta o corte visível, para intervenções na rede (Figura 53) [25].



Figura 55 – OCR2 instalado da rede distribuição de MT

5.8.3. OCR3

Este aparelho reúne as funções dos órgãos de corte OCR1 e OCR2. Este aparelho tem como principal diferença, em relação ao OCR1, poder para efetuar manobras sobre o defeito. Em relação ao OCR2, o afastamento necessário entre polos, na posição de aberto, para evitar escorvamentos em caso de sobretensões e indicação da posição de aberto/fechado visível, num ângulo de 360°. Com estas funcionalidades introduzidas os OCR3 dispensam a montagem de seccionador para garantir o afastamento entre fases necessário e corte visível [25].

5.9. Cálculo de linhas aéreas

5.9.1. Cálculo elétrico

Nas linhas aéreas o cálculo elétrico é importante, na medida em que só assim é que é possível definir os parâmetros da linha. Ou seja, calcular a queda de tensão e as perdas de

energia da linha, e consequentemente verificar a viabilidade económica da mesma, bem como garantir as condições regulamentares definidas [18].

As linhas elétricas detêm um conjunto de características elétricas que são alvo de destaque nos pontos seguintes.

Intensidade de corrente de serviço

A expressão para calcular a intensidade de corrente de serviço é dada por:

$$I = \frac{S_P}{\sqrt{3} \times U} \text{ [A]} \quad (5.14)$$

Onde:

S_P – É a potência a transmitir pela linha [VA];

U – A tensão nominal da linha [V].

Resistência elétrica

A resistência elétrica de uma linha é o parâmetro que determina as perdas por efeito de Joule, e o seu valor é dado pela equação (5.15).

$$R_s = \frac{\rho \times L_c}{S} \text{ [\Omega]} \quad (5.15)$$

Onde:

ρ – Resistividade do condutor [Ω/km];

L_c – Comprimento do condutor [km];

S – Secção do condutor [mm^2].

O condutor terá variações de temperatura, o que significa que, para temperaturas diferentes de 20°C, a resistividade do condutor se obtém pela seguinte equação:

$$\rho_{\theta} = \rho_{20} \times [1 + \beta \times (\theta - 20)] \quad [\Omega/km] \quad (5.16)$$

Onde:

ρ_{θ} – É a resistividade à temperatura θ [Ω/km];

ρ_{20} - Resistividade a 20°C [Ω/km];

β - Coeficiente de temperatura do condutor [$^{\circ}C^{-1}$].

Coeficiente de autoindução

O coeficiente de autoindução para um condutor de uma linha é dado pela equação (5.17).

$$L = \left[\frac{\mu}{2n} + 4,6 \ln \left(\frac{D}{r'} \right) \right] \times 10^{-4} [H/km] \quad (5.17)$$

Onde:

μ - Permeabilidade do condutor (toma o valor 1 para condutores de cobre, alumínio, ligas de alumínio e cabos de alumínio-aço ou toma o valor 200 para condutores de aço galvanizado);

m - Número de condutores por fase;

D - Distância equivalente entre condutores;

r' - Raio fictício definido por $r' = \sqrt[m]{nrR^{m-1}}$;

sendo:

r - O raio do condutor;

R - O raio da circunferência que passa pelos condutores que formam a fase.

Assim, no caso de fase simples vem: $m = 1$ e $r' = r$, logo o coeficiente de autoindução é dado por:

$$L = \left[0,5 + 4,6 \ln \left(\frac{D}{r} \right) \right] \times 10^{-4} [H/km] \quad (5.18)$$

Condutância

De uma forma simplista, a condutância pode ser vista como o inverso da resistência. Se o isolamento das linhas fosse perfeito, não havia nenhuma corrente entre os condutores e os apoios, nem à superfície, nem através do isolamento (corrente de fuga). Assim a condutância seria nula. Mas na realidade, existe uma corrente de fuga, ainda que muito pequena porque a resistência do isolamento é muito elevada. O valor da condutância varia com as condições atmosféricas, tipo de isolamento, número de isoladores na cadeia, número de apoios por quilómetro de linha e o estado da superfície do condutor. Numa linha bem isolada e com o tempo seco a condutância é praticamente nula.

O seu cálculo é dado por:

$$G = \frac{1}{R_s} [s] \quad (5.19)$$

Onde R_s é a resistência equivalente do isolamento.

Reatância

A reatância é dada pelo produto da velocidade angular ω (rad/s) da corrente alternada pelo coeficiente de autoindução, sendo este último igual à relação entre o fluxo magnético e a intensidade de corrente eléctrica que o produz. Ora num qualquer sistema trifásico, o fluxo magnético que terá que ser considerado não será o produzido por um condutor, mas sim o produzido pelos vários condutores quando percorridos por determinados valores de corrente [26]. Considerando como forma de simplificação dos cálculos, em que as linhas são percorridas por correntes trifásicas equilibradas e de sequência direta, alimentadas por um sistema de tensões trifásicas equilibradas e de sequência direta, poder-se-á então determinar o valor da reactância indutiva dada pela equação (5.20).

$$X = L \times \omega [\Omega/km] \quad (5.20)$$

Onde:

L - Valor do coeficiente de autoindução

ω - Velocidade angular [rad/s], corresponde a:

$$\omega = 2\pi f \text{ [rad/s]} \quad (5.21)$$

Sendo f a frequência em hertz (Hz).

Susceptância

A susceptância pode ser vista, simplificada, como sendo o inverso da reactância. Para efeito dos cálculos associados com as linhas elétricas, a susceptância relaciona-se com o efeito capacitivo que as linhas aéreas poderão ter no seu funcionamento, e obtém-se através de (5.22).

$$B = \omega \cdot C \text{ [S/km]} \quad (5.22)$$

Em que:

ω – É a velocidade angular [rad/s];

C - Capacidade da linha [F/km].

Admitância

A admitância corresponde à soma vetorial das grandezas condutância e susceptância, tal como expresso em (5.23).

$$Y = G + jB \text{ [S/km]} \quad (5.23)$$

onde:

G - Condutância [S/km];

B - Susceptância em S/km.

Impedância

A impedância é o inverso da admitância, ou a soma vetorial da resistência e da reatância e é dada por:

$$Z = R_s + jX \quad (5.24)$$

5.9.2. Cálculo mecânico

O cálculo mecânico de uma linha de transmissão de energia tem como objetivos.

- Determinar a tensão mecânica de montagem a aplicar na linha, conforme as condições climáticas que se verifiquem nesse momento. De modo a garantir que quaisquer que sejam as condições atmosféricas que se venham a verificar, os condutores nunca sejam solicitados por tensões mecânicas superiores à sua tensão de segurança;
- Determinar a altura dos apoios de modo a garantir que os condutores não ultrapassem as distâncias regulamentares, quaisquer que sejam as condições atmosféricas que se venham a verificar;
- Dimensionamento dos apoios, verificação da estabilidade dos tipos de apoios escolhidos e dos seus maciços.

5.9.2.1. Comportamento dos cabos suspensos em vãos isolados

Apoios de nível

A Figura 56 mostra como os condutores ficam dispostos, numa situação de não existência de desnível de terreno. Assim os condutores estão apoiados e suspensos em dois suportes rígidos A e B, separados entre si por uma distância a (vão). Como os apoios estão à mesma altura, a curva descrita pelo condutor é simétrica em relação ao eixo Y. O ponto mais baixo da curvatura da linha, O, encontra-se no eixo que passa a meia distância entre A e B. A distância $f=OF$ designa-se por flecha. Nas linhas aéreas de transmissão de energia, a altura de suspensão dos condutores em relação ao solo, H , está diretamente relacionada com o valor da flecha, com o relevo do solo e com a altura dos apoios. A altura h_s é a altura de segurança. Todos estes parâmetros das linhas têm de estar em conformidade com o RSLEAT.

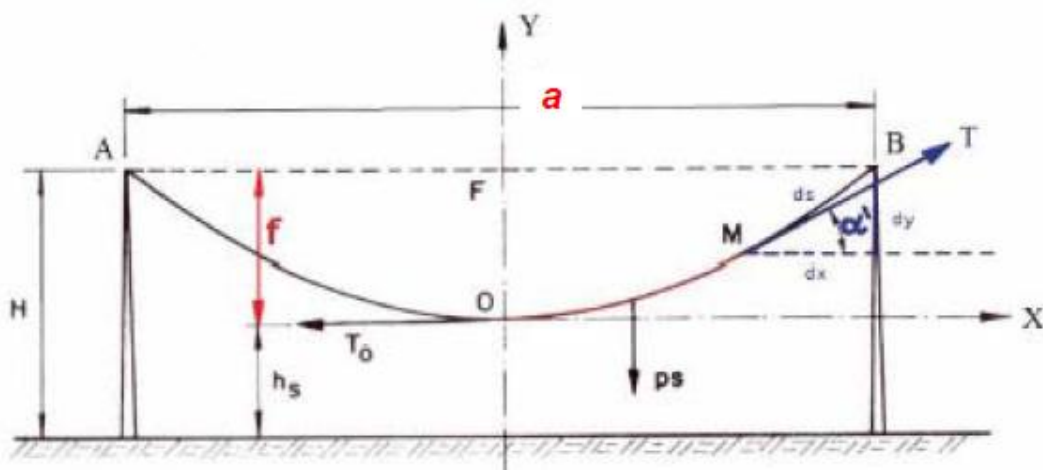


Figura 56 – Vão de nível

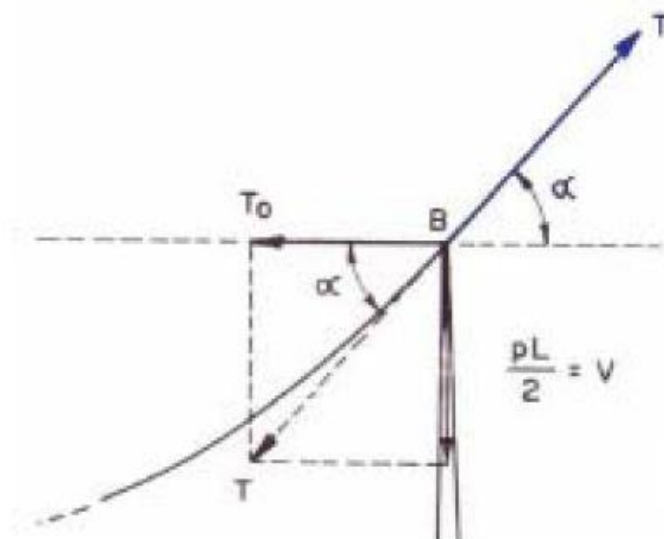


Figura 57 – Forças atuantes nos cabos suspensos em vãos em apoios de nível

Os parâmetros apresentados nas Figuras 56 e 57 têm o seguinte significado:

p - Peso do condutor [kgf/m];

L_c - Comprimento do condutor [m];

T_0 - Força de tração no ponto [kgf/mm²];

T_B - Força de tração no ponto B [kgf/mm²];

C_1 - Componente horizontal de T ($C_1=T_0/p$);

A força de tração axial no cabo (T) varia desde um valor mínimo (no ponto O) a um valor máximo (nos pontos de suspensão A e B).

A flecha, para o vão em nível, é dada por (5.25).

$$f = \frac{m_k \times p \times L_{vão}^2}{8 \times S \times t_{mk}} \quad (5.25)$$

Onde:

m_k - Coeficiente de sobrecarga;

p - Peso do condutor [daN/m];

$L_{vão}$ - Comprimento do vão [m];

S - Secção do condutor [mm²];

t_{mk} - Tensão de montagem[daN/mm²].

Apoios desnivelados

A Figura 58 mostra agora a existência de desnível do terreno e o conjunto de forças atuantes nos condutores. O cabo está estendido entre dois suportes rígidos em que as alturas A e B são diferentes entre si. O vão medido na horizontal é a .

A diferença de alturas entre A e B é h . Ao prolongarmos a curva AB até ao ponto B' (situado à mesma altura do ponto A) obtém-se o vão desnivelado Ae (vão equivalente).

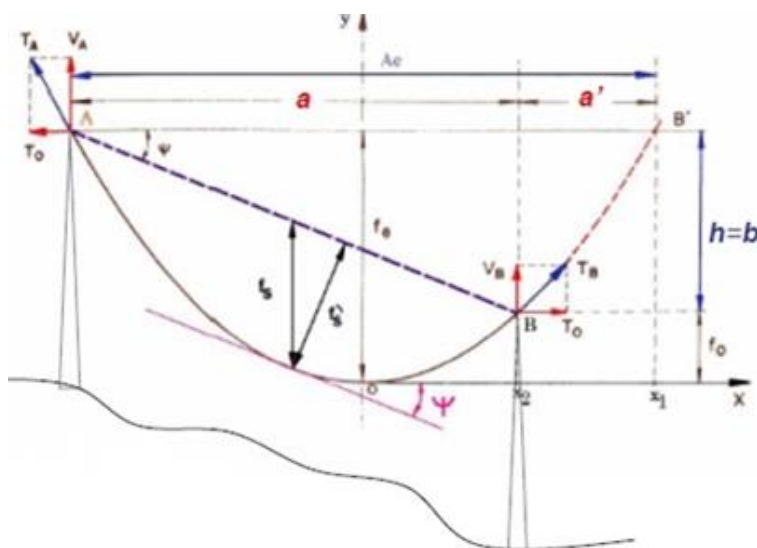


Figura 58 – Vão desnivelado

Para calcular a flecha utiliza-se a fórmula (5.26).

$$f = \frac{m_k \times p \times l_1 \times L_{vão}}{8 \times S \times t_{mk}} \quad (5.26)$$

Onde:

m_k - Coeficiente de sobrecarga;

p - Peso do condutor [daN/m];

t_{mk} - Tensão de montagem [daN/m];

S - Secção do condutor [mm²];

$L_{vão}$ - Comprimento do vão [m].

$$l_1 = \sqrt{l^2 + h_l} \quad (5.27)$$

Em que:

l^2 - comprimento do vão desnivelado;

h_l - diferença das cotas do terreno onde é implantado cada poste do vão, sabendo a altura do apoio, a sua profundidade e a altura da armação usada.

Para calcular a altura a que se encontra o condutor em cada apoio é usada a equação:

$$h_1 = H - h_e - h_a \quad (5.28)$$

Onde:

H - Altura do apoio;

h_e - Profundidade de enterramento do apoio;

h_a - Altura de colocação da armação.

Assim h_l é dado por:

$$h_l = | (h_{cpM} + (C_M - C_m)) - h_{cpm} | \quad (5.29)$$

Onde:

h_{cpM} - Altura do condutor no poste em que a cota do terreno é maior;

h_{cpm} - Altura no poste em que a cota do terreno é menor;

C_M - Cota mais alta do vão;

C_m - Cota mais baixa do vão.

Caso os condutores estejam dispostos em suspensão, será calculado o vão equivalente para cada cantão, ou seja, para cada conjunto de vãos em suspensão. A tensão de montagem do cantão será então calculada usando o valor do vão equivalente, L_{equi} em vez do vão normal. O vão equivalente é calculado, considerando os vãos, $L_{vão}$ em metros, contidos no mesmo cantão, como se estivessem em patamar.

$$L_{equi} = \sqrt{\frac{\sum L_{vão}^3}{\sum L_{vão}}} \quad (5.30)$$

5.9.3. Ação da temperatura e estados atmosféricos

No projeto de uma linha aérea deve ter-se em conta a ação dos agentes atmosféricos. São definidos três estados atmosféricos:

- Inverno, caracteriza-se pela temperatura mais baixa previsível, vento reduzido e pela hipótese de formação de manga de gelo;
- Primavera, caracteriza-se por uma temperatura média, vento máximo e ausência de gelo;
- Verão, caracteriza-se pela ausência de vento e temperatura máxima, neste estado verifica-se a flecha máxima.

Os valores de temperatura para os vários estados atmosféricos, considerados no cálculo mecânico estão disponíveis na Tabela 6, obtida do RSLEAT:

Tabela 6 – Caracterização dos estados atmosféricos, [27]

Estados Climáticos		Temperatura [°C]		Pressão dinâmica do vento [Pa]		
		Zonas sem gelo	Zonas de gelo	Cabos a menos de 30 m altura	Cabos entre os 30 e os 50 m altura	Cabos a mais de 50 m altura
Vento reduzido (Inverno)		-5	-10	300	360	420
Vento máximo (Primavera)		15		750	900	1050
Flecha máxima (Verão)	Linhas de 2ª Classe	50		0		
	Linhas de 3ª Classe até 100 KV	65				
	Linhas de 3ª Classe superiores a 100KV	75				

5.9.3.1. Forças que atuam nos condutores

As principais forças atuantes em um condutor são o seu próprio peso, força do vento e o peso do gelo, caso seja uma zona propensa a acumulação de gelo nos condutores.

O vento ao colidir com os condutores encontra uma resistência que se manifesta sob a forma de pressão, sendo esta proporcional à velocidade do vento. A sua força é perpendicular ao eixo longitudinal dos cabos sendo transferida para a estrutura.

A força resultante da pressão do vento é dada por (5.31).

$$F = q \times d \times c \times \alpha \quad (5.31)$$

Onde:

F - Força proveniente da ação do vento [N];

q - Pressão dinâmica do vento [Kgf/m];

d - Diâmetro dos cabos [m];

c - Coeficiente de forma, conforme a Tabela 8;

α - Coeficiente de redução, que pelo RSLEAT é 0,6 nos condutores e nos cabos de guarda e 1 nos apoios, nas travessas e nos isoladores.

Os valores de q , para calcular a ação do vento sobre os condutores, também estão na Tabela 7. Para se determinar o estado mais desfavorável, terá de ser calculado a força do vento com o vento máximo habitual (estado de primavera) e com vento reduzido (estado de inverno). Para achar o coeficiente de forma recorre-se à Tabela 8, em que para cada tipo de condutor e respetivo diâmetro apresenta o coeficiente de forma mais adequado.

Tabela 7 – Coeficiente de forma conforme RSLEAT

Elemento de linha	Diâmetro (mm)	Coeficiente de forma
Condutores nus e cabos de guarda	Até 12,5	1,2
	Acima de 12,5 e até 15,8	1,1
		1,0
	Acima de 15,8	1,3
Cabos isolados em feixe (torçada)	----	1,3
Cabos auto-suportados e cabos tipo 8	----	1,8
Isoladores	----	1,0

A força resultante que atua no condutor é dada pela equação (5.32). Com o objetivo da determinação do estado mais desfavorável, é calculada a força resultante para as duas hipóteses de estudo, isto é, para os estados de inverno e de primavera.

$$F_R = \sqrt{(p + P_G)^2 + F_v^2} \quad (5.32)$$

Onde:

p - Peso do condutor [kgf/m];

P_G - Peso do gelo [kgf/m];

F_v - Força do vento [kgf/m].

Em que P_G se obtém através de:

$$P_G = \frac{0,9 \times V_G}{L_c} \quad (5.33)$$

Em que:

L_c – É o comprimento do condutor;

Onde o volume do gelo (V_G) calcula-se pela equação (5.34).

$$V_G = \frac{\pi}{4} [(d + 2 \times e)^2 - d^2] \times L_c \quad (5.34)$$

Onde:

d – Diâmetro do cabo [dm];

e – Espessura da manga de gelo [dm].

5.9.3.2. Estado atmosférico mais desfavorável

Através da Figura 59 é possível identificar as condições que definem o estado mais desfavorável a que a linha poderá funcionar. Nesta figura, m_1 corresponde ao estado de inverno e m_2 corresponde ao estado de primavera, L corresponde ao comprimento do vão e L_{cr} ao vão crítico.

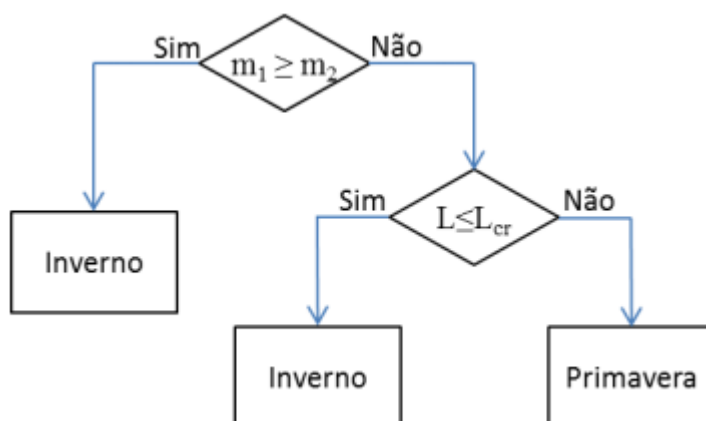


Figura 59 – Fluxograma do estado mais desfavorável

O valor de m_i é o coeficiente de sobrecarga, que é calculado através da equação (5.35), em que F_R é a força resultante e p o peso do condutor, ambos em [kgf/m];

$$m_i = \frac{F_R}{p} \quad (5.35)$$

No caso de $m_1 < m_2$, será calculado o vão crítico.

5.9.3.3. Vão crítico

Chama-se vão crítico L_{cr} , relativo a uma dada tensão $t_{máx}$, ao vão para qual os condutores ficam sujeitos a essa tensão em ambos os estados, o de inverno e o de primavera

Assim, o vão crítico é dado por:

$$L_{cr} = \frac{s \times t_{máx}}{p} \cdot \sqrt{\frac{24 \cdot \alpha_T \cdot (\Theta_2 - \Theta_1)}{m_2^2 - m_1^2}} \quad (5.36)$$

Onde:

S - Secção do condutor [mm²];

$t_{máx}$ - Tensão máxima de serviço [daN/mm²], ver Tabela 8;

p - Peso condutor [kgf/m];

α_T - Coeficiente de dilatação do condutor em °C⁻¹;

Θ_1 e Θ_2 - São as temperaturas do estado de inverno e de primavera, respetivamente;

m_1 e m_2 - São os coeficientes de sobrecarga no estado de inverno e primavera, respetivamente.

Tabela 8 – Tensões máximas de serviço

<i>Tipo de condutor:</i>	Secção Nominal (mm ²)	Tensões máximas de serviço (daN/mm ²)
<i>Cobre</i>	16	12-14
<i>Alumínio-Aço</i>	30	8-9-10
	50	7-8-9-10
	90	7-8-9
	160	7-8-9
<i>Ligas de alumínio</i>	20	8-9-10
	35	8-9-10
	55	8-9-10
	75	8-9-10

5.9.3.4. Equação mudança de estados

O objetivo da equação de estados é o cálculo da tensão de montagem dos condutores. A tensão de montagem é a tensão mecânica que assegura o bom funcionamento mecânico da linha, qualquer que seja a condição meteorológica no momento da montagem da linha. Neste caso, a tensão máxima do cabo não é ultrapassada em nenhuma circunstância associada ao seu funcionamento.

A tensão de montagem é calculada através da equação de estados - expressão (5.37):

$$\theta_1 + \frac{t_{máx}}{\alpha_T \times \varepsilon} - \frac{m_i^2 \times p^2 \times L_{vão}^2}{24 \times \alpha_T \times S^2 \times t_{máx}^2} = \theta_k + \frac{t_{mk}}{\alpha_d \times \varepsilon} - \frac{m_k^2 \times p^2 \times L_{vão}^2}{24 \times \alpha_T \times S^2 \times t_{mk}^2} \quad (5.37)$$

Onde:

θ_1, θ_k – Temperatura relativa ao momento de montagem da linha e temperatura do estado atmosférico mais desfavorável (de inverno ou de primavera), respetivamente;

m_i, m_k – Coeficientes de sobrecarga referentes ao momento de montagem e ao estado mais desfavorável, respetivamente;

$t_{máx}, t_{mk}$ – Tensão máxima dos condutores e tensão de montagem respetivamente;

ε – Módulo de elasticidade do condutor [kg/mm²];

S – Secção dos condutores [mm²];

$L_{vão}$ – Comprimento do vão [m];

p – Peso do condutor [kgf/m];

α_T – Coeficiente de dilatação térmica do condutor [$^{\circ}\text{C}^{-1}$].

A tensão de montagem calcula-se usando a fórmula (5.37), como dito anteriormente. A temperatura de montagem, normalmente varia entre 15°C e 30°C e para se obter a flecha máxima utiliza-se uma temperatura de 50°C .

5.9.4. Cantão

Chama-se cantão de uma linha aérea a uma porção de uma linha compreendida entre dois apoios, nos quais os condutores são fixados por amarrações, como se apresenta na *figura 60*.



Figura 60 – Cantão composto por três vãos

A EDP – Distribuição, de acordo com as Recomendações para as Linhas Aéreas de Alta Tensão até 30 kV, utiliza para o cálculo das flechas de regulação a expressão dos vãos em patamar independentemente da sua classificação. A regulação dos vãos é realizada de cantão em cantão, isto é, na porção de uma linha compreendida entre dois apoios, nos quais os condutores são fixados por amarrações. A expressão que permite determinar o vão equivalente é a (5.38).

$$L_{equivalente} = \sqrt{\frac{\sum i L_i^3}{\sum i L_i}} \quad (5.38)$$

Em que

L_i é o comprimento do vão i .

5.9.5. Fundações

Nos apoios, anteriormente mencionados, é necessário dimensionar convenientemente os maciços de fundação de modo a que, sob o efeito das solicitações máximas a que forem sujeitos, não se verifiquem aumentos perigosos das flechas dos condutores e não se dê o derrubamento dos apoios.

O comprimento de encastramento varia de apoio para apoio.

A tabela abaixo mostra quanto é que cada apoio tem de ficar enterrado no solo.

Tabela 9 – Comprimento de encastramento

<i>Altura total do poste, H (m)</i>	<i>Comprimento de encastramento, Hl (m)</i>
14	$0,1H + 0,5 = 1,9$
16,18 e 20	2
22 a 24	2,5
26 a 31	2,8

6. TAREFAS REALIZADAS

Como inicialmente referi no início deste relatório de estágio, este capítulo será referente aos trabalhos que realizei e acompanhei. Inicialmente começo com os dois trabalhos que realizei e por fim os trabalhos que pude acompanhar.

6.1. Folha de cálculo “Dimensionamento da flecha”

A empresa usa o *software* DM para a realização de projetos/cálculos. Contudo, o funcionamento deste *software* requer uma ligação a servidores e consequentemente à *internet*.

De modo a facilitar a tarefa dos utilizadores na resolução de alguns cálculos, que são menos demorados, mas ao mesmo tempo muito importantes, foi-me proposto, pelo Eng. Moisés Esteves, a realização de uma folha de cálculo. Pretendia-se com esta aplicação (após inserir vários parâmetros) obter os valores da tensão de regulação mínima e da flecha máxima a que os condutores serão sujeitos. A aplicação deve permitir *inputs* de possíveis aumentos de carga e, consequentemente, consultar os parâmetros necessários existentes no RSLEAT, por forma a verificar as condições de segurança aos diversos obstáculos presentes nesse local.

Antes de começar a desenvolver a folha de cálculo propriamente dita, estudei a melhor forma de a conceber. Esta tarefa consistiu em pesquisas a catálogos de alguns cabos mais usados na empresa, e das suas características (a qual deu origem a uma interface). Posteriormente, implementei uma interface com a metodologia para a realização dos cálculos mecânicos necessários. Nos pontos seguintes faz-se uma descrição das várias interfaces desenvolvidas na aplicação.

Interface da lista de cabos

Esta lista de cabos é a fonte principal, é onde todos os cálculos vão “buscar” informação.

Na tabela 10 apresenta-se a lista de cabos mais usados pela empresa.

Tabela 10 – Lista de cabos

Designação do cabo	Secção para m²	Secção (mm²)	Diâmetro (mm)	Peso do cabo (kg/m)	Peso do cabo por mm² (kg/m/mm²)	Carga de Ruptura (daN)	Módulo de Elasticidade (daN/mm²)		Coef. Dilatação Linear (1/°C)	Nº de fios de aço x diâmetro	Nº de fios de alumínio x diâmetro	Tensão de Ruptura (N/mm²)	Res. Elect. [ohm/km]
Áster 55	0,005455	54,55	9,45	0,151	0,002768103	1117	62000	6324	0,000023	0	0	20,48	0,6042
Áster 76	0,00755	75,5	11,25	0,51	0,006754967	1773	62000	6324	0,000023	0	0	23,48	0,4388
Áster 117	0,0117	117	14	0,33	0,002820513	3802	62000	6324	0,000023	0	0	32,50	0,2833
Al/Aço 105	0,01068	106,8	13,43	0,376	0,003520599	3430	7750	790,5	0,000019	0	0	321,16	0
Al/Aço 147	0,0147	147	14,7	0,548	0,003727891	5145	7300	744,6	0,000019	0	0	35,00	0
Al/Aço 160	0,01579	157,9	16,32	0,547	0,003464218	4775	75000	7650	0,0000189	0	0	30,24066	0


Interface dos cálculos mecânicos

O menu principal (Anexo I) é onde serão efetuados os cálculos principais.

A filosofia de cores neste programa é a seguinte: Os campos a amarelo são relativos aos *inputs* (dados introduzidos pelo utilizador) e os campos a azul correspondem aos *outputs* (dados automaticamente gerados pelo programa).

Interface da corrente nominal


Esta interface permite calcular a corrente nominal, cuja finalidade é, com o possível aumento de carga, confirmar se o cabo em questão está preparado ou não para suportar esse aumento. Na Figura 61 expõe-se um exemplo desta interface.



Corrente Nominal

Potência inicial	6	MVA
Potência acrescentar	4,055	MVA
Potência final	10,055	MVA
Tensão	15	kV
Corrente nominal inicial	230,9401	A
Corrente nominal final	387,0171	A

$$I_{nominal} = \frac{Pot}{\sqrt{3} * U}$$

 ver as condições do cabo em questão para ver se suporta a corrente estipulada

Al/Aço 160	Corrente calculada	Condição
435	387,0171304	em conformidade

valor retirado do catálogo do cabo

Figura 61 – Corrente nominal

A figura 62 mostra os cálculos de corrente nominal com o aumento de carga, fazendo assim a análise para verificar se o cabo em estudo suporta ou não a corrente que lá passará.

Interface do Modelo Kuipers-Brown

A intensidade de corrente máxima admissível num condutor depende da temperatura de funcionamento. Neste sentido, é através deste princípio – modelo de Kuipers-Brown – que é calculada a temperatura máxima que o condutor poderá suportar.

Modelo kuipers-Brown

$$-C \frac{dT}{dt} - E \cdot \alpha \cdot \pi \cdot d (T^4 - T_A^4) + \alpha_{solar} \cdot G_1 \cdot d - 8,55 \cdot (v \cdot d)^{0,448} \cdot (T - T_A) + R I^2 = 0$$

condição = 0

Condutor	Al/Aço 160
E	0,6
σ	0,000000057
π	3,141592654
d	0,01632
T	336,815
TA	303
α_{solar}	0,5
G	900
v	0,6
$I_{nominal}$	387,0171304
Resultado	-0,00110117

R	0,00025	
R_{ref}	0,00021	
α_T	0,0036	valor tirado na tabela do cabo em questão
T	63,815	alterar valor até o resultado ser 0
T_{ref}	20	

onde: $R = R_{ref} [1 + \alpha_T (T - T_{ref})]$

R – resistência linear do cabo à temperatura T, em $\Omega \cdot m^{-1}$
 R_{ref} – resistência linear do cabo à temperatura de referência
 α_T – coeficiente de temperatura do cabo,
T – Temperatura do cabo, em °C
 T_{ref} – Temperatura de referência (normalmente +20°C)


Figura 62 – Modelo kuipers-brown

A Figura 62 como referido anteriormente vai verificar se o cabo em estudo suportará a temperatura com o aumento de carga, colocando somente alguns valores (cabo em estudo, módulo de Young e resistência do cabo).

Interface das condições de segurança

Quando inicialmente surgiu a ideia de fazer esta folha de cálculo, a finalidade era verificar as condições de segurança, isto é, se os parâmetros da infraestrutura se encontravam de acordo com os do RSLEAT. Posto isto, nesta interface colige-se um resumo dos cálculos que se realizaram anteriormente (Figura 63). Com o conhecimento dos obstáculos que se apresentam à linha e com os valores apresentados nesta interface, é possível (consultando o regulamento) saber quais são as distâncias mínimas de segurança admissíveis.

Assim, poderemos concluir se, com o aumento de carga na linha em estudo, as distâncias são cumpridas ou não. Consequentemente, com base nas conclusões obtidas, são tomadas as decisões mais apropriadas e assim adotar os procedimentos adequados.



Condição de segurança (RSLEAT)		
Distâncias:	Mínimo recomendado MT	
Ao solo	7	(m)
Às Árvores	2,5	(m)
Aos edifícios	4	(m)
Obstáculos diversos	3	(m)
Entre condutores MT	0,54	(m)
Entre condutores AT	-	(m)
Entre condutores MT e cabos de guarda	0,48	(m)
Distância inicial	6	(m)
Distância final	5,646354022	(m)
Verificação da condição de segurança:	Com condição de segurança	

Figura 63 – Distâncias regulamentares

Esta figura é basicamente a conclusão em que queremos chegar, isto é, verificar as condições em que o cabo vai ficar com esse aumento de carga e verificar se todas as condições de segurança são cumpridas (ao solo, árvores, edifícios, etc).

6.2. Desenhos em AutoCad 3D

O Eng. Paulo Alves, com base na sua experiência na realização de projetos, propôs-me o desafio de ‘arranjar’ uma forma de simplificar e auxiliar o trabalho do projetista (o que seria muito importante).

Após estes meses de estágio, posso afirmar que o contato com os proprietários é uma das tarefas mais complicadas, visto que o ser humano é o mais inconstante possível. Com esta noção/percepção tornou-se mais fácil para mim entender a ideia do engenheiro e o repto que me propôs.

No dia-a-dia os projetistas deparam-se com proprietários que facilitam o trabalho, deixando passar a linha em terrenos particulares, colocar apoios sem problemas entre outros trabalhos. Mas pelo contrário existem outros proprietários que dificultam esse trabalho. Muitas vezes a não autorização dos trabalhos é só porque não entendem como vai ficar o projeto e pensam que os trabalhos realizados vão danificar alguma coisa, entre outras coisas.

Assim, foi através destas contingências e adversidades que foi surgindo esta ideia que obviasse as dificuldades encontradas.

A ideia consiste em desenhar em 3D, com a ajuda do *software* AutoCAD, os materiais (armações, seccionadores, apoios, etc.), utilizados nas LMT, para que através do *Google Earth* ou outra ferramenta semelhante, poderem ser inseridos esses desenhos nas respetivas propriedades virtuais, obtendo-se uma imagem realista de como irá ficar o trabalho. Desta maneira, e em caso de dúvida de um proprietário, ser-lhe-á mostrado o projeto 3D de modo a ficar a saber com mais exatidão o local do apoio ou até mesmo a passagem de uma linha no seu terreno.

Esta ferramenta, se puder ser implementada, trará mais facilidades os contactos entre projetista e os proprietários.

No Anexo 2 disponibilizam-se todos os desenhos realizados nesta tarefa.

6.3. Orçamentos

No caso de orçamentos com múltiplas tarefas, a fase de orçamentação de um projeto inicia-se com a visita e recolha de dados no local do projeto. Em posse desta informação, já com uma melhor noção do que é necessário, procede-se à realização do orçamento.

Após recolhida toda a informação faz-se uma planificação dos trabalhos. Esta planificação poderá incluir uma sequência escrita de tarefas como, por exemplo, abertura e cortes de energia, priorização de trabalhos sem ou com tensão, necessidades e tipologias de trabalhos em tensão, fornecimentos de grupos de suporte / socorro (geradores, postos de transformação móveis...), acessos, apoios que ficam ou não com arcos abertos, implantação da rede aérea ou subterrânea, contatos prévios com autoridades para atravessamentos de auto estradas, vias férreas, acompanhamento arqueológico...

Na sequência da planificação, parte-se para a criação dos Diagramas de Rede (DR), Figura 64, onde se explicitam todos os materiais necessários, mão-de-obra, entre outras tarefas para a execução da obra. Estes serão as bases de trabalho das equipas que irão executar a obra, quer sejam da EDP quer sejam de um empreiteiro.

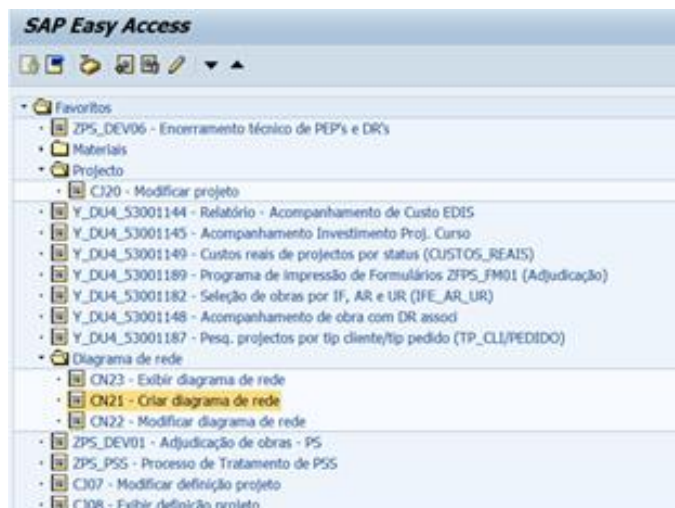


Figura 64 – Acesso para a criação do DR

Com a criação do DR somos conduzidos para um menu de configuração que nos permite escolher a classe de obra onde estão as tarefas, materiais e parâmetros que são mencionados no projeto (Figura 65).

Para descrever a atividade a realizar teremos de ter em atenção o manual de atividades / Contrato de Empreitada Contínua, que caracteriza e individualiza cada tarefa e os materiais incluídos na mesma.

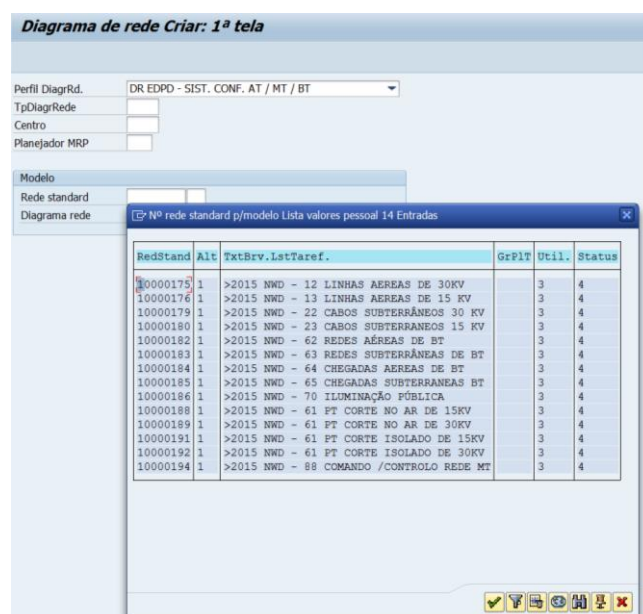


Figura 65 – Preenchimento dos campos para criação do DR

Na Figura 66 apresenta-se o menu referente à Classe de Obras de Cabo Subterrâneo (exemplo). Neste menu selecionou-se a opção relativa a Unidades Construtivas (UC), que é necessário para o projeto.

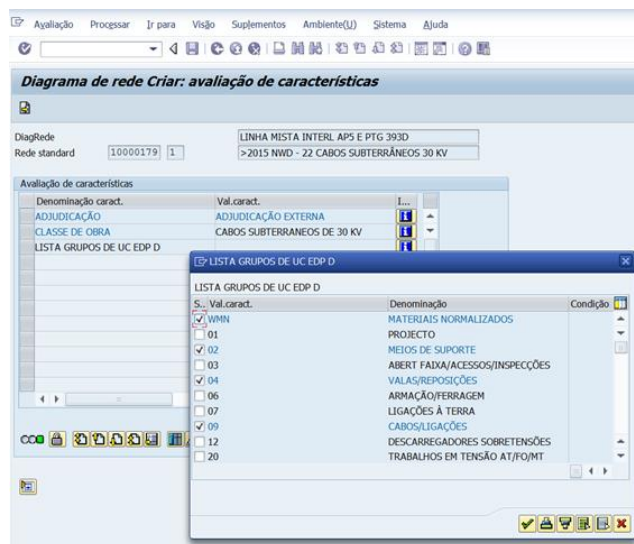


Figura 66 – Menu da classe de obras

Depois de selecionarmos os campos iniciais de configuração da Lista de Grupos das Unidades Construtivas, é no menu abaixo que vamos subdividir essa base especificamente no tipo de tarefas a executar e os materiais normalizados que nelas não estão incluídas (Figura 67).



Figura 67 – Lista de materiais usados

Seguidamente, colocamos o tipo de intervenção a efetuar conforme se mostra na figura abaixo.

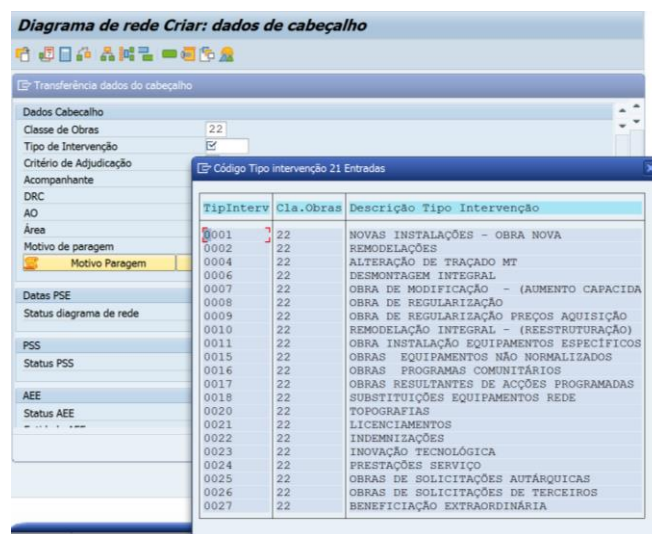


Figura 68 – Menu com tipo de interrupção

Nesta fase já podemos salvar o trabalho existente, implicando a criação de um número de DR.

Criado o Diagrama de Rede ‘chamamos’ o menu da síntese de tarefas onde teremos de saber a quantidade, fator de execução, destas. Como se pode verificar na imagem abaixo, a criação do DR faz automaticamente a criação de Elementos PEP (Planeamento Estrutural do Projeto) e o estatuto (Status) em que a obra fica.

Ficará então praticamente feito o diagrama de rede para a linha em estudo.

Op...	Descrição	Fator execução	Elemento PEP	Status sistema
4000	Material Diversos	1,000	EDIS-LSM16-074168-22	ABER NOLQ
4028	MOB GMS SUP 160 KVA A 400 KVA	2,000	EDIS-LSM16-074168-03	ABER NOLQ
4029	MOB GMS SUP A 400 KVA	1,000	EDIS-LSM16-074168-03	ABER NOLQ
4034	CEDNIA E OPERAÇÃO GMS 400 KVA	14,000	EDIS-LSM16-074168-03	ABER NOLQ
4035	CEDNIA E OPERAÇÃO GMS 630 KVA	7,000	EDIS-LSM16-074168-03	ABER NOLQ
4058	ABERT+TAPM VALA QTP T PERF MT	340,000	EDIS-LSM16-074168-07	ABER NOLQ
4068	REPSC CUB/BLOC/BETNL/SEIX/MACA	33,000	EDIS-LSM16-074168-08	ABER NOLQ
4069	RP MAR/MOSA/BETU/RM+RP CAM SPE	30,000	EDIS-LSM16-074168-08	ABER NOLQ
4078	FORNEC+MONT TUBO PVC 160	258,000	EDIS-LSM16-074168-08	ABER NOLQ
5732	LANC/ENFIAM TERNO 1X120/30(BE)	340,000	EDIS-LSM16-074168-12	ABER NOLQ
5757	SUBID COMPLTA POST TERN 120/30	1,000	EDIS-LSM16-074168-14	ABER NOLQ
5797	DESMONT SUBIDA TERNO CABO MT	1,000	EDIS-LSM16-074168-13	ABER NOLQ
5836	EX 1CX T TERM 1X120/30 INT	3,000	EDIS-LSM16-074168-15	ABER NOLQ
5850	EX 1CX T TERM 1X120/30 EXT	3,000	EDIS-LSM16-074168-15	ABER NOLQ
8299	EXEC CX VISITA REDE ELECT	4,000	EDIS-LSM16-074168-15	ABER NOLQ
8300				
8301				

Figura 69 – Síntese de tarefas na criação do DR

Posteriormente ao orçamento, realiza-se o mapa de medições onde estão descritas as tarefas a realizar, executadas anteriormente. Na Figura 70 apresenta-se uma imagem com o mapa de medições, onde estão descritos todos os trabalhos e materiais a utilizar e as respetivas quantidades.



Data: 05-04-2017

Mapa de Medições

Unidade Organizativa: 4700 - DRCT - DIR. REDES E CLIENTES TEJO

Local: 1214 - Portalegre - Portalegre

Projecto: EDIS-C2016-074168 - FUNDO INV. ABERTO IMOSONAE II REP.

Empreitada: 62070523 - LINHA MISTA INTERL AP5 E PTG 393D

Classe Obra: MT-CABOS SUBTERR 30KV

Empreiteiro:

Código	Forn	Descrição	Quantidades	
			Planeado	Adjudicado
0401501	U	ABERT+TAPM VALA QTP T PERF MT	340,000	_____
118478	N	ABERT+TAPM VALA QTP TERRENO PERFIL MT	340,000 M	_____
0403504	U	FORNEC+MONT TUBO PVC 160	258,000	_____
122580	N	FORNEC+MONT TUBO PVC 160	258,000 M	_____
0904514	U	LANC/ENFIAM TERNO 1X120/30(BE)	340,000	_____
118503	N	LANC/ENFIAM CABO MONOP MT	1.020,000 M	_____
325565	L	CABO LXHIOZ 1(be) 1x120/16 30kV	1.020,000 M	_____
0904539	U	SUBID COMPLTA POST TERN 120/30	1,000	_____
122522	N	MONT ARMACAO	35,000 KG	_____
122528	N	MONT 3 DST MT S/FERR SUPRT	1,000 UN	_____
122691	N	SUBIDA CABO MONOP/TRIP MT	3,000 UN	_____
275782	L	FERRAGEM SUPORTE DST/CX TERM TRANS LA	1,000 UN	_____
325565	L	CABO LXHIOZ 1(be) 1x120/16 30kV	45,000 M	_____
0904579	U	DESMONT SUBIDA TERNO CABO MT	1,000	_____
118524	N	DESMTG SUBIDA TERNO CABO MONOP/TRIP M	1,000 UN	_____
0905511	U	EX 1CX T TERM 1X120/30 INT	3,000	_____
122692	N	EXE/SUBST CX TERM MONOP TERMOR/AMOV M	3,000 UN	_____
278209	L	CAIXA TER TERMORR 30KV I 70-240 SECO	3,000 UN	_____

Figura 70 – Mapa de medições

Nos pontos abaixo apresenta-se alguma informação sobre os orçamentos que realizei durante este estágio.

Orçamento Tramaga

Este orçamento surgiu na sequência de um vão possuir uma flecha máxima que não se enquadra com a legislação do RSLEAT. Assim iniciou-se o contacto com o proprietário, para substituir o apoio por um com altura superior. Contudo, não obtivemos um parecer positivo.

Posteriormente entrou-se em contacto com o proprietário do terreno ao lado. Este proprietário deixava colocar o apoio, desde que fosse colocado na extremidade do terreno.

Assim sendo ficou a segunda hipótese, onde a linha nova será de alumínio-aço 30.

Quando nos deslocámos ao local tivemos em atenção vários pontos, para que na realização dos trabalhos tudo corresse como pretendido.

No Anexo 3 disponibiliza-se mais informação sobre este orçamento.

Orçamento Bugalhos

Este orçamento foi realizado para a remodelação de uma linha área de média tensão, a 30kV. Esta remodelação parte da necessidade de melhoria da qualidade de serviço, pois esta linha já é um ativo degradado provocando avarias e faltas de energia. Acresce que este tipo de remodelação considera possíveis necessidades de aumentos de potência, ficando assim a linha em condições de satisfazer esses possíveis aumentos.

Deslocámo-nos ao local para estudar e averiguar quais os trabalhos a realizar. Um ponto fundamental, neste tipo de tarefas, é a realização dos trabalhos em segurança.

Chegou-se à conclusão que seriam importantes para os trabalhos a realizar os seguintes procedimentos:

1. Garantir a alimentação do lado da linha 1402L3021900;
2. Abrir arcos, vão em TET no apoio 6;
3. Abrir arcos no apoio 10, linha 1402L3005500;
4. Geradores nos PT's 28, 36 e 187;
5. Passar condutores novos até ao novo apoio 11 e substituir armação e respetivos condutores no apoio 14;

6. Fechar arcos no apoio 6, fica c/ tensão o apoio 11 (novo);
7. Apear vão no apoio 1;
8. Gerador nos PT's 68 e 215;
9. Ligação dos PT's 68 e 215;
10. Reposição do vão em TET no apoio 11.

Estes procedimentos permitem ao acompanhante de obra compreender o planeamento e a sequência do trabalho. O que possibilita uma compreensão útil para a realização das suas tarefas e à possível necessidade de alteração de procedimentos. O acompanhante de obra e os fiscais de segurança deverão assegurar o diálogo com os empreiteiros para que os trabalhos sejam realizados corretamente e em segurança.

6.4. Auditorias

Uma auditoria é um procedimento que advém de uma ordem de serviço dada, para averiguar situações de ligações de clientes, consumos, fraudes entre outros.

Durante o estágio pude acompanhar várias auditorias, onde apanhei um pouco de tudo, desde fraudes, ligações sem contratos feitos, entre outras coisas.

Nos pontos abaixo descrevem-se os aspetos mais relevantes relacionados com as auditorias efetuadas durante este estágio.

Auditoria para confirmação de locais de consumo

Esta auditoria teve como objetivo a verificação dos locais de consumo, pois havia a dúvida de quantos locais de consumo existiam.



Figura 71 – Local de consumos

Como mostra a Figura 71, podemos ver três locais de consumo em que se destaca um dos quais não tem equipamentos instalados.



Figura 72 – Portinhola da instalação

Vendo com mais pormenor a portinhola da instalação (figura acima), verificamos que o local de consumo não tem o fusível carregado na sua base (como está identificado na figura).

Auditoria para verificação do horário do contador

Esta auditoria consistiu na verificação do horário do KE (contador), Figura 73. Quando nos deslocamos ao local, pudemos verificar que a data estava correta, mas a hora não, registrando mais 31 minutos do que a hora correta.



Figura 73 – Contador auditado

Auditoria para verificar ligações

Esta auditoria (Figura 74) teve o intuito de verificar as ligações e confirmar quais são os contadores de consumo e de produção.



Figura 74 – Contador de produção da habitação

Comparando as ligações do contador de produção com as soluções apresentadas pela DGEG, verificou-se que o tipo de ligação seria a solução D, conforme o esquemático da Figura 75 e as ligações da Figura 76.

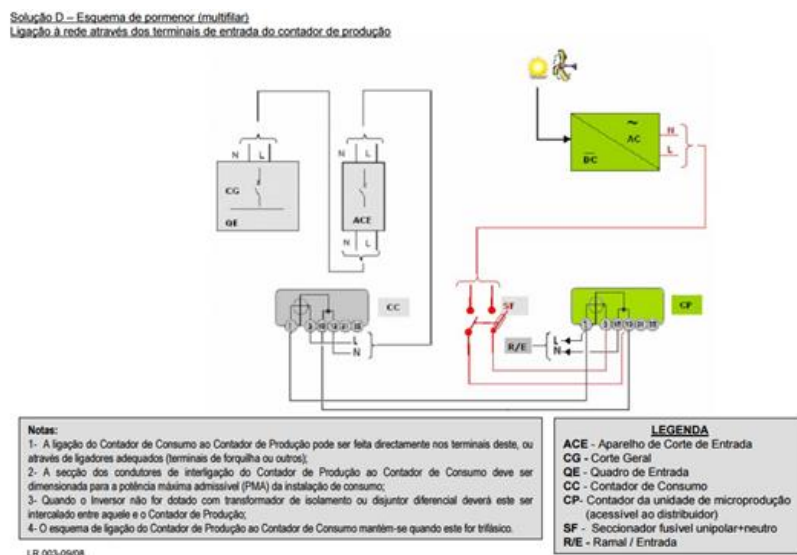


Figura 75 – Esquema multifilar

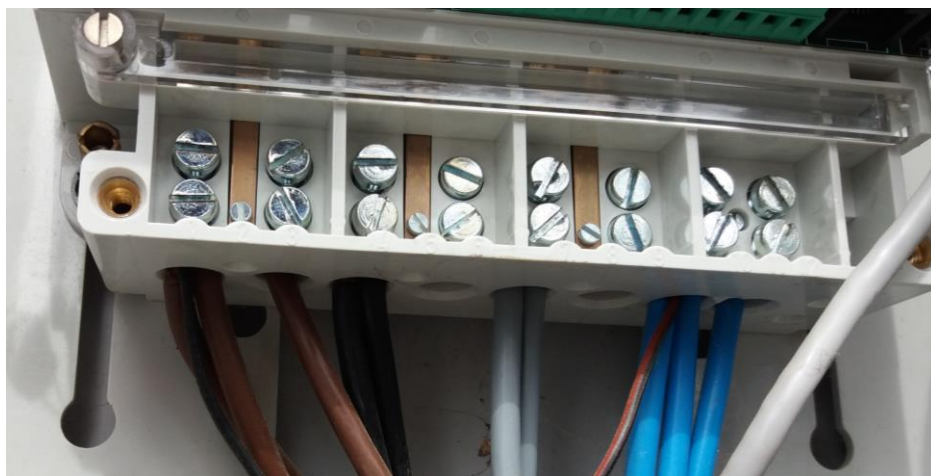


Figura 76 – Ligações do contador de produção

Na Figura 77 mostra-se uma fotografia do contador de consumo da instalação em causa.

É um contador trifásico da marca portuguesa Bruno Janz. Capacidade de corrente é 60 A e possui tripla tarifa, de salientar que só dá para contabilizar energia num sentido.



Figura 77 – Contador de consumo da habitação

6.5. Base de dados dos proprietários

A base de dados dos proprietários surgiu pela necessidade de controlo de indemnizações que são feitas aos proprietários dos terrenos, aquando de um projeto. Na Figura 78 podemos ver os *inputs*, onde será colocada a AO responsável, de seguida vamos à parametrização onde é aí que inserimos todos os campos em que tivemos informações (proprietários, apoios colocados, abate de árvores, etc).

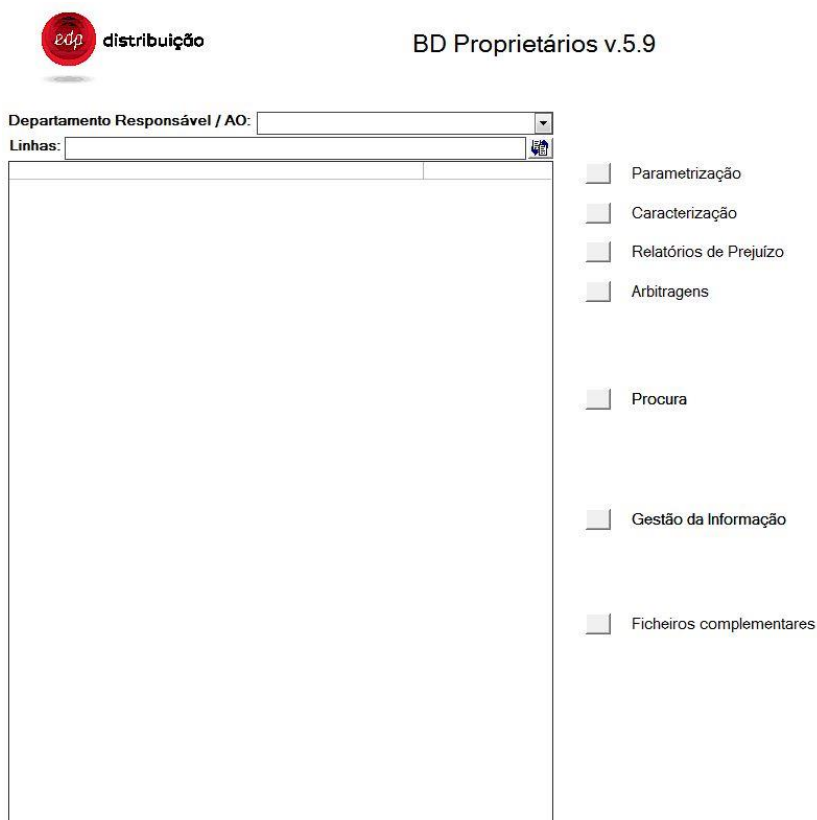


Figura 78 – Interface da base de dados proprietários

Durante o estágio preenchi várias vezes a BD com determinadas informações de projetos.

A quando da realização de um projeto e sendo necessário que uma linha, apoio ou posto de transformação passe/fique no terreno de um proprietário, esse mesmo proprietário tem direito a uma indemnização pelo constrangimento que pode causar esses trabalhos.

Esta BD serve para guardar essa informação, para que em caso de alguma dúvida seja de fácil acesso.

6.6. Projetos de linhas BT e MT

Inicia-se um projeto com a materialização do traçado no terreno e realização do levantamento topográfico do perfil longitudinal e planta parcelar.

Na posse do perfil longitudinal e planta parcelar, que deverá integrar o cadastro de proprietários, recomenda-se que o projetista siga uma sequência de trabalho.

Assim, devem ser analisados e distribuídos os apoios em pontos obrigatórios (vértices e terminações do traçado). A seguir analisam-se os pontos que correspondem aos cantões e avalia-se o seu comprimento, por forma a estimar a necessidade de apoios intermédios. Deve-se verificar também se, nesses apoios intermédios, existe a necessidade de apoios de reforço. Devem ser seleccionadas as armações e definidas as geometrias de todos os apoios, bem como seleccionar o tipo de isoladores/armações. Com estes elementos, procede-se a todos os cálculos mecânicos e eléctricos necessários. Posteriormente, procede-se à elaboração da memória descritiva com a inclusão de todos os obstáculos que careçam de autorização, ou parecer sobre travessia ou cruzamento por outra entidade. Por fim são preparadas as peças escritas e desenhadas para o licenciamento, agregando ao projeto uma lista de componentes e de elementos por apoio, bem como uma lista geral de medições e quantidades [30].

Durante o estágio pude acompanhar vários projetos desde o seu levantamento topográfico até à sua fase de orçamentação.

De seguida elenco os projetos que acompanhei.

- Linha MT para PT AZB 0366 D
- Linha MT para PT CTX 0306 D
- Linha MT para PT CTX 0307 D
- Linha MT para PT STR 0927 D
- Linha MT para PT STR 0928 D
- Linha MT para PT STR 0929 D
- Linha MT para PT STR 0934 D
- Linha MT para PT CTX 0061 D
- Linha MT para PT CTX 0135 D
- Linha MT para PT ACN 0215 D
- Linha MT para PT ACN 0068 D
- Linha MT para PT ACN 0028 D

Para dar a entender melhor o que é necessário fazer no projeto de uma linha MT, disponibilizo no Anexo 4 os elementos associados ao projeto PT ACN 0028 D que acompanhei.

Este projeto consiste em uma remodelação de uma linha, pois a que existe atualmente já possui muitas lacunas e o fornecimento de energia poderá ficar comprometido. Este projeto tem algumas particularidades, desde cruzamentos com linhas de telecomunicações, com linhas de BT e a colocação de novos apoios em determinados terrenos.

7. CONCLUSÃO

Findado o estágio, foi-me possível perceber como funciona, em parte, uma grande empresa como EDP. Como o meu estágio decorreu na integra no Departamento de Estudo de Redes, foi-me possível perceber como as coisas funcionam nesta área, desde um simples pedido de fornecimento de energia até à parte de orçamentação e execução, passando pela parte mais burocrática dos licenciamentos, etc.

Durante o estágio pude desenvolver alguns trabalhos, que foram:

A construção de uma folha de cálculo, para averiguar as distâncias regulamentares das linhas de MT a vários obstáculos. Na construção da mesma comecei por fazer uma pequena lista de cabos mais usados pela empresa e suas características, depois começaram a surgir algumas dúvidas, visto que era necessário efetuar vários cálculos, desde da força do vento, passando pelo coeficiente de sobrecarga, vão crítico até chegar à equação de mudança de estados onde o seu resultado nos dará a tração máxima que os condutores irão suportar. Tendo esse resultado consegue-se saber a flecha máxima que os condutores vão fazer com o determinado aumento de carga e assim verifica-se através do regulamento se as distâncias foram cumpridas.

A elaboração dos desenhos 3D, surgiu para colmatar a dificuldade de comunicação/perceção que existe entre proprietários e projetista. A ideia passa por tentar aproximar, o máximo possível, o projeto (em formato papel) com o que vai ser construído na realidade, isto é, a colocação dos apoios no terreno, o corte se necessário de árvores, entre outras coisas. A dificuldade que senti inicialmente foi a introdução ao desenho 3D, contudo através de pesquisas e a visualização de alguns vídeos pude aprender e elaborar os desenhos de modo a terminar esta tarefa.

Já na parte mais prática, relativa aos projetos que pude acompanhar, destaco que consegui entender bem as várias etapas que lhes estão associadas. Primeiramente o estudo do traçado do perfil no terreno com o topógrafo. Depois o topógrafo identifica os proprietários com quem tem de contactar, para poder realizar o desenho/perfil dos locais. Feito o levantamento, o topógrafo envia ao engenheiro responsável pelo projeto todos os

elementos necessários. Este efetua as atualizações necessárias e exporta para o SIT-DM finalizando o projeto com a respetiva orçamentação.

Durante o estágio, fiz várias deslocações aos terrenos de algumas localidades, o que me permitiu perceber melhor (ficar com uma noção mais palpável) de como é resolvido o problema e/ou feita a passagem dos projetos, em papel, para o mundo real.

Possibilitou-me também ficar a conhecer vários equipamentos que constituem as redes de distribuição de energia elétrica em MT e em BT, e perceber melhor as suas funções (o interior dos PT's, EB's, OCR's, contadores de energia, entre outros).

Em suma, posso concluir que a diversidade de atividades acompanhadas/desenvolvidas levou a que este estágio se tornasse uma grande mais-valia a nível pessoal e profissional. O estágio permitiu-me adquirir e consolidar conhecimentos académicos, competências técnicas e comportamentais, dos quais enalteço o espírito vencedor que se quando adotamos atitudes de proatividade.

REFERÊNCIAS e BIBLIOGRAFIA

- [1] Carvalho, J., (2010), “Planeamento e Operação dos Sistemas Elétricos de Energia”, ISEP, Departamento de Engenharia Eletrotécnica
- [2] Sebenta DMGE, 2014/15, IPT, ESTT, LEEC, 3º ano.
- [3] <http://www.edp.pt/pt/aedp/sobreaedp/Pages/aEDP.aspx>
- [4] <https://www.edp.pt/pt/aedp/sobreaedp/marcaEDP/Pages/HistoriaMarca.aspx>
- [5] EDP Distribuição “Apresentação DRCT mapa”
- [6] Jornadas de tecnologia, inovação e qualidade de energia, Santarém, 2016
- [7] EDP Distribuição, manual de ligações, 2015
- [8] Led shop, [Online]. Available: www.ledia.ro. [Acedido em Abril 2016]
- [9] A. L. Lourenço, “Notas teóricas - Iluminação Pública,” Editora, 2012
- [10] R. P. Sales, “LED, o novo paradigma da iluminação pública,” IEP, Curitiba, 2011
- [11] Decreto Regulamentar nº90/84, Regulamento de segurança de redes de distribuição de energia elétrica e, baixa tensão
- [12] Manual de ligações à rede elétrica do serviço público, 3ª edição, 2011
- [13] Verde, João, Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Porto, 2016
- [14] Dissertação Pedro Soares FEUP, 2016
- [15] EDP Distribuição “Apresentação Projeto Inovgrid”, 2015
- [16] Bruno Coelho, Dissertação de mestrado, Porto, Julho 2012
- [17] J. P. S. Paiva, Redes de Energia Elétrica, editora, 2005
- [18] Figueiredo, Márcio, Projeto de linha aérea de alta tensão com estudo do comportamento longitudinal das cadeias de isoladores, 2009
- [19] Direção geral de energia (D.G.E), 1986
- [20] Forte, José Trabalho de fim de curso, 2005/2006
- [21] EDP Distribuição “EDP-DNT”, 2004
- [22] EDP Distribuição “Apoio para linhas aéreas”
- [23] EDP Distribuição “DMA-C67-620N_E10216” - Armações
- [24] Gonçalves, Filipe, Projeto e execução linhas de média tensão, 2009
- [25] Guia técnico de planeamento (v.1b), 2010
- [26] Sequeira, Nuno, Projeto linha aérea alta tensão conforme a norma EN50341-1, 2009
- [27] Galvão, Cláudio (2010), Redes elétricas de média tensão e baixa tensão
- [28] Regulamento de segurança de linhas elétricas de alta tensão, Fevereiro 1992

[29] Material de Apoio ProjLeat v12, 2012

ANEXOS

ANEXO I

Neste anexo apresenta-se na figura abaixo o menu principal da folha de cálculo da flecha final. De mencionar que, na imagem abaixo, os valores escolhidos são retirados do RSLEAT e consoante o estado do tempo (primavera ou inverno), se existe gelo ou não, o resultado é automaticamente colocado no campo a amarelo (inputs).

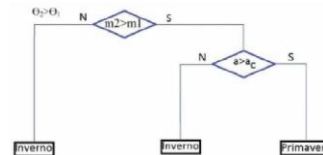
Estado	Temperatura			Espessura do Gelo (mm)
Inverno	Com gelo		Sem gelo	
	-10		-5	0
Primavera	15			
	Linhas 2ª classe Tensão ≤ 40 kV	Linhas 3ª classe Tensão ≤ 40 kV ≤ 100 kV	Linhas 3ª classe Tensão ≥ 100 kV	
	50	65	75	
			50	
Existe gelo?				
<input type="radio"/> Sim				
<input checked="" type="radio"/> Não				
	-5			

Pressão Vento (Pa)			Coeficiente de forma			Coeficiente de redução
Altura acima do solo (m)	Vento máximo	Vento reduzido	Componente	Diâmetro	Coef de forma	0,6
Até 30	750	300	Condutores nus e cabos de guarda	Menor ou igual a 12,5	1,2	
Entre 30 e 50	900	360		Maior que 12,5 e menor que 15,8	1,1	
Acima de 50	1050	420		Maior que 15,8	1	
	750	300	Cabos isolados em feixe (torçada)	----	1,3	
			Cabos auto-suportados e cabos tipo 8	----	1,8	
			Isoladores	----	1	
			Escolha o valor do coefi de forma:		1	

A imagem abaixo representa a continuação do menu principal, de referir que inicialmente é colocado o cabo utilizado, e de forma automática é calculada a força do vento, coeficiente de sobrecarga e vão crítico. Após introdução do valor da tração máxima do condutor, e

através da equação de mudança de estados obtém-se o resultado da tensão de montagem que deve ser aplicada ao condutor a instalar. Por fim e através desse resultado consegue-se saber a flecha que o condutor irá apresentar com o aumento de carga previsto.

	Designação do cabo	Tensão máxima rotura
Condutor 1	Al/Aço 160	12,09626346
Condutor 2	Al/Aço 160	12,09626346
Condutor 3	Al/Aço 160	12,09626346



1º Passo

2º Passo

3º Passo

Força do vento			Coeficiente de sobrecarga					
Verão	Primavera (N)	Inverno (N)	Resultado primavera	Resultado inverno	Mais desfavorável		Vão crítico	Vão
0	0,7344	0,29376	1,674086007	1,135081598	Primavera	1,674086007	201,10	218
0	0,7344	0,29376	1,674086007	1,135081598	Primavera	1,674086007	201,10	218
0	0,7344	0,29376	1,674086007	1,135081598	Primavera	1,674086007	201,10	218
			m2	m1	ver melhor			

4º Passo

5º Passo

6º Passo

Hipótese verão

Aumento da carga?

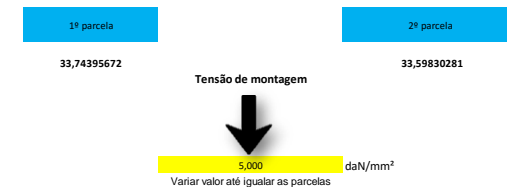
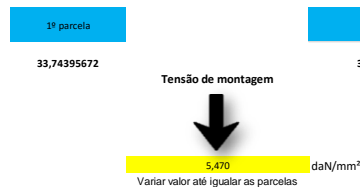
Parâmetro	Tração máxima	Tração montagem	Flecha para vão nivelado	Flecha para vão desnivelado	Flecha com aumento de carga	Tração montagem	Peso do gelo
7		5,47	3,76219126		4,115837239	5,00	0
8		5,47	3,76219126		4,115837239	5,00	0
9		5,47	3,76219126		4,115837239	5,00	0
9							

$$flecha = \frac{L^2 * w_g}{8 * t_m * \sigma}$$

$$f = \frac{m_k * p * l_1 * L_{vão}}{8 * S * t_{mk}}$$

Equação de mudança de estados

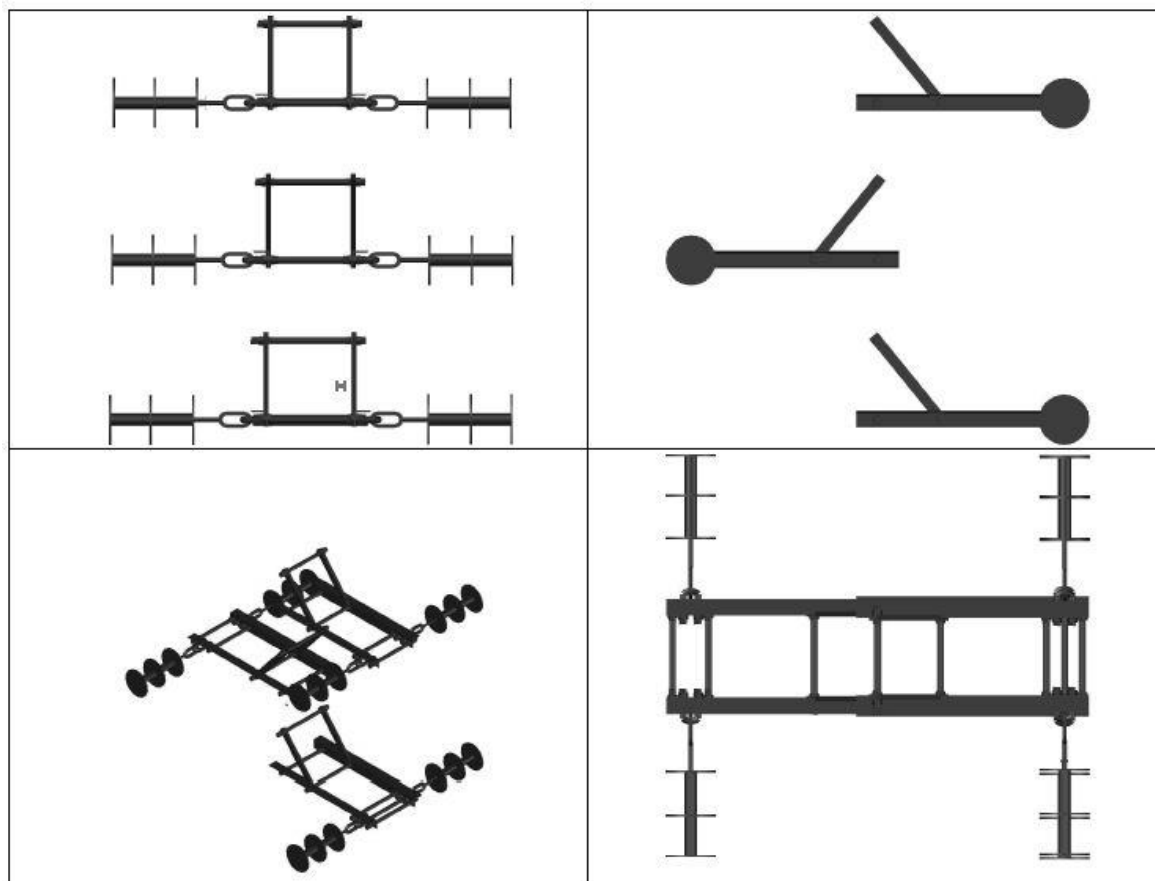
Equação de mudança de estados c/ aumento de carga



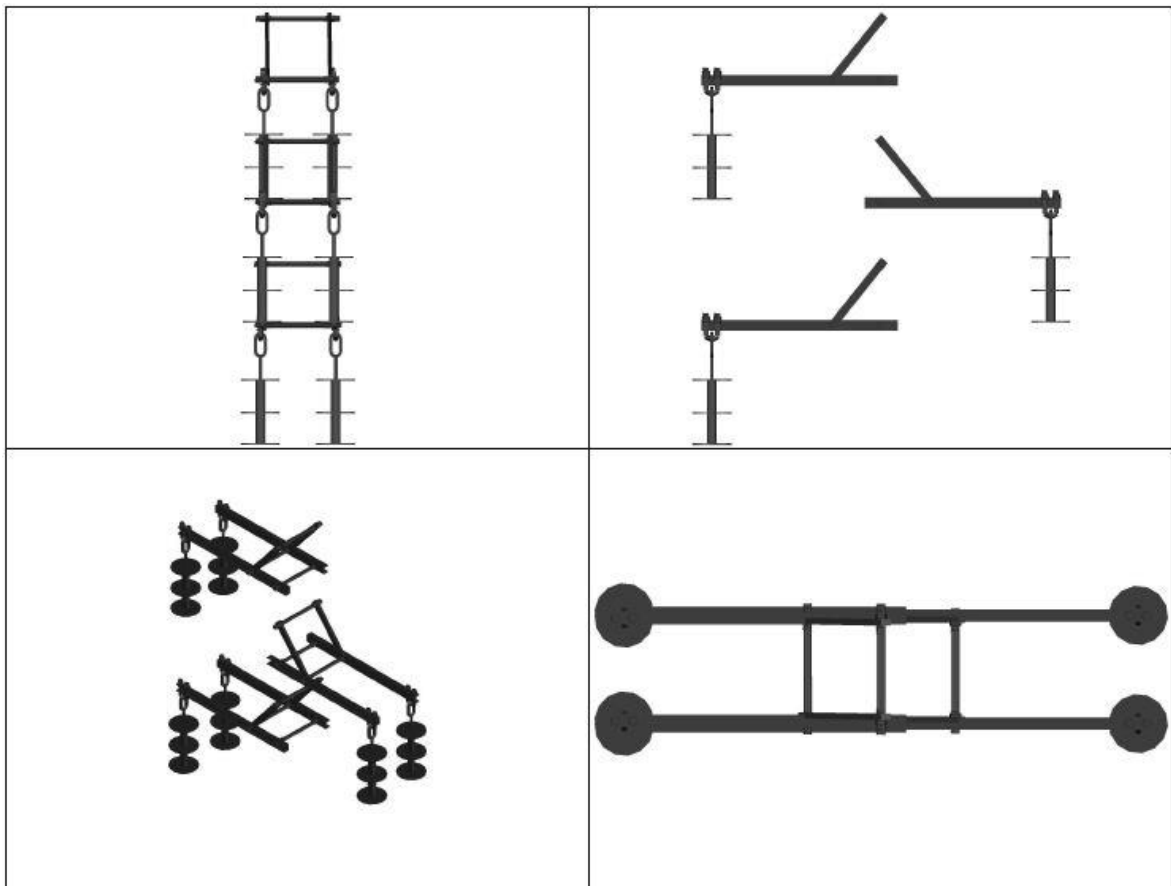
Diferença de tensão de montagem:	0,470
Diferença de flechas:	0,354 (m)

ANEXO II

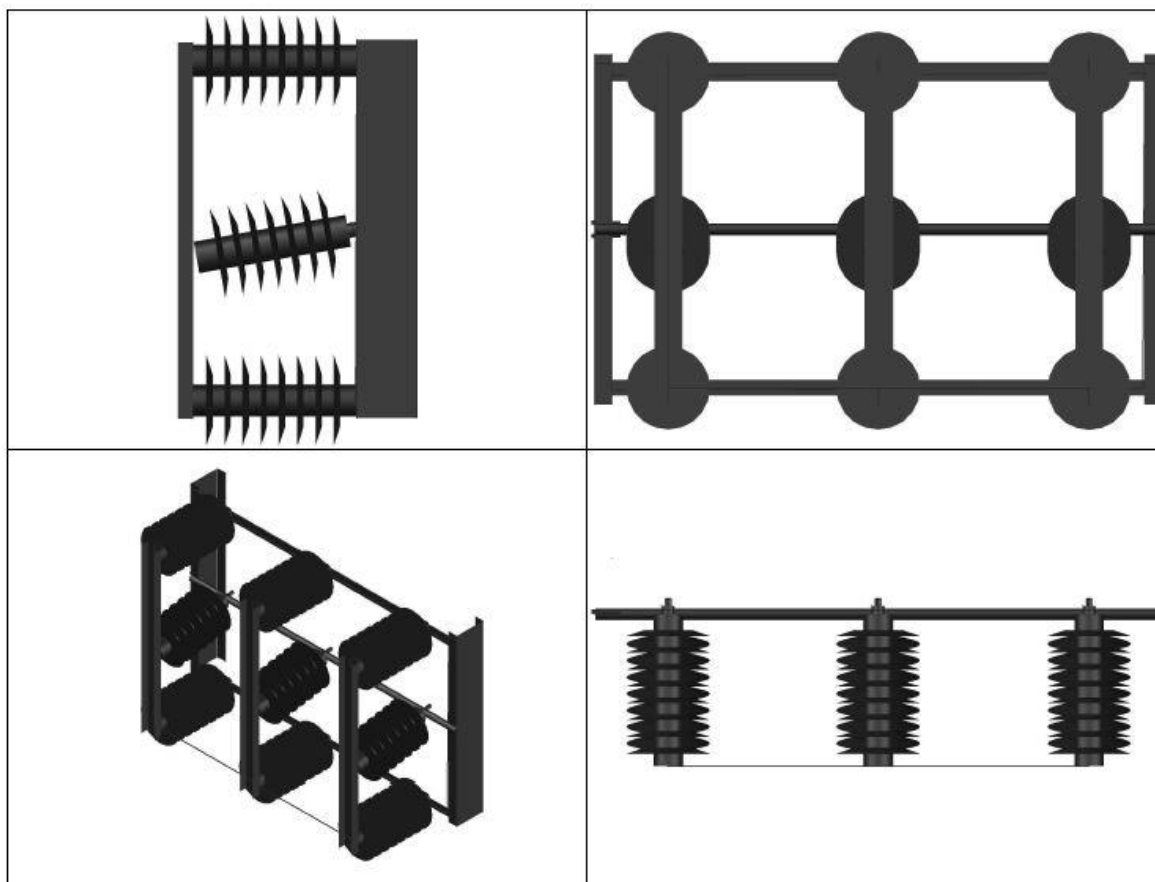
Armação em galhardete para ângulo (GAN)



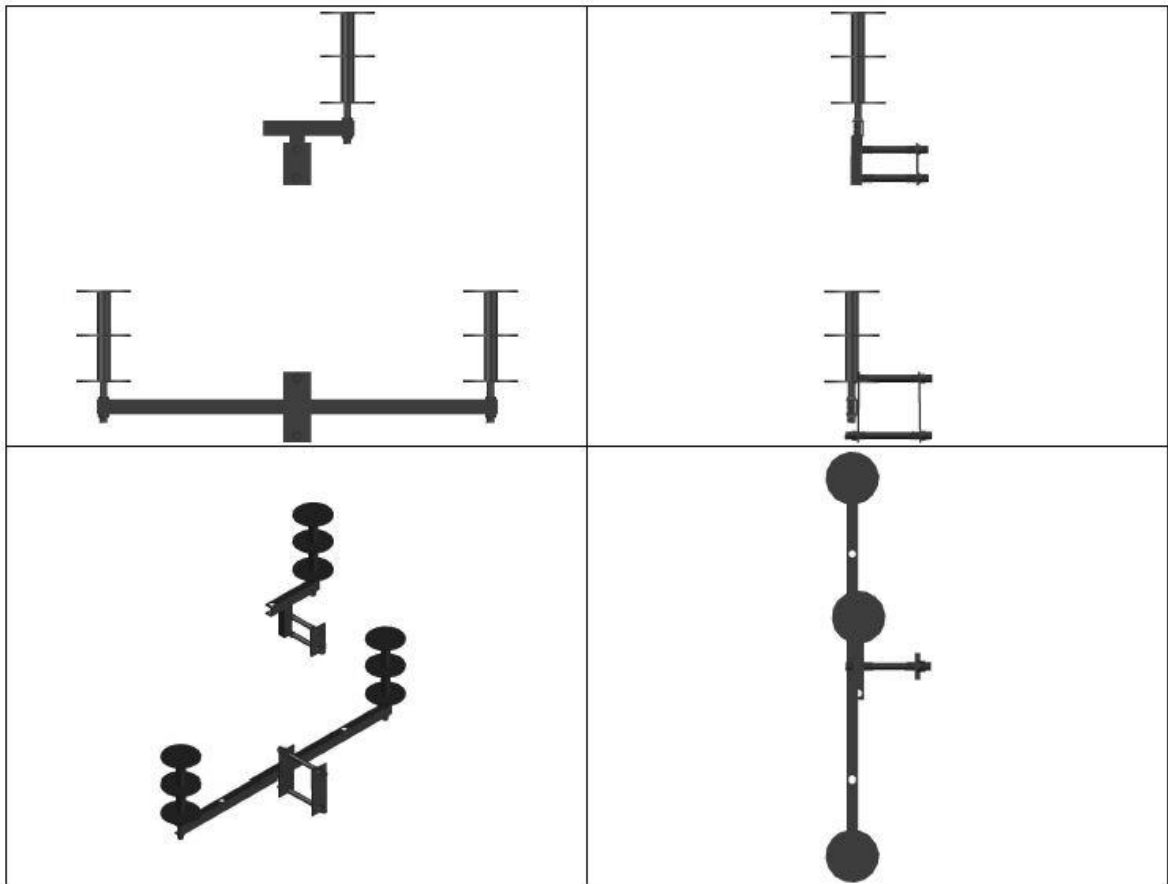
Armação em galharderte para alinhamento (GAL)



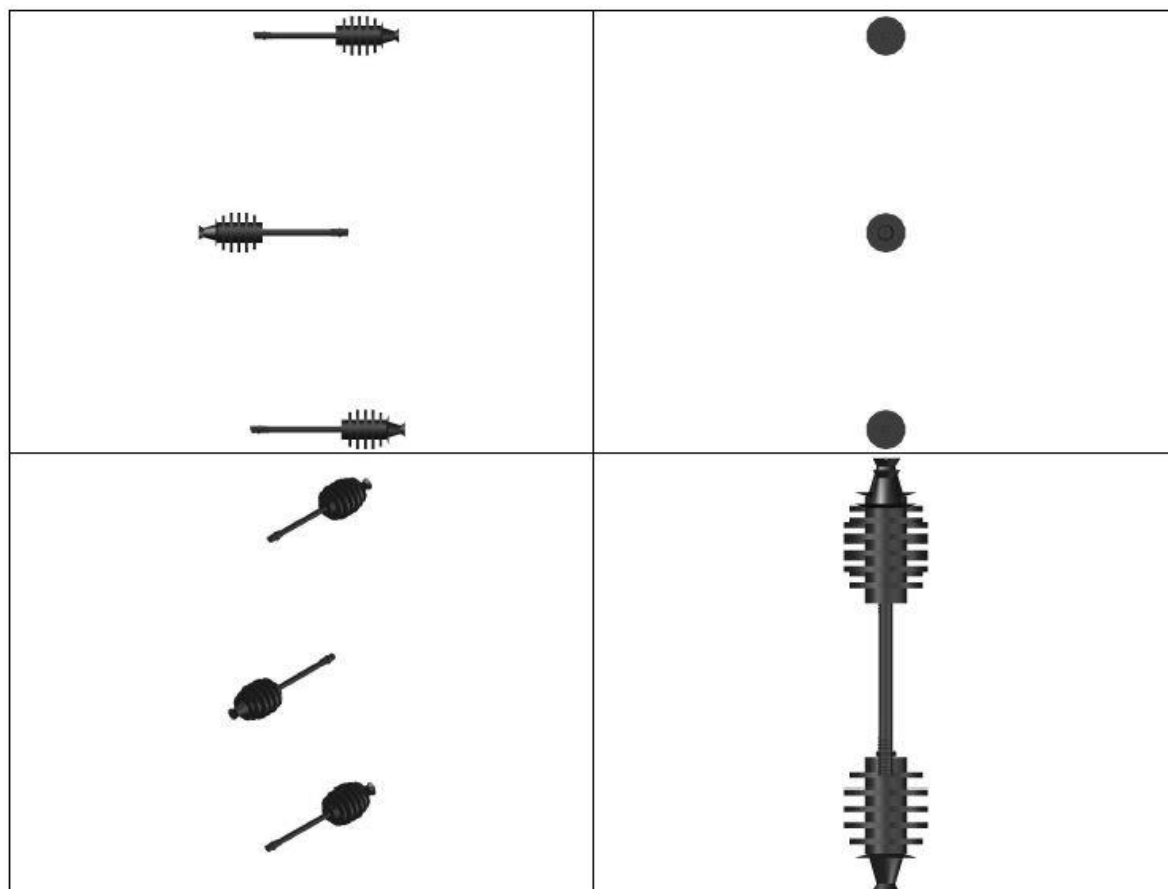
Seccionador



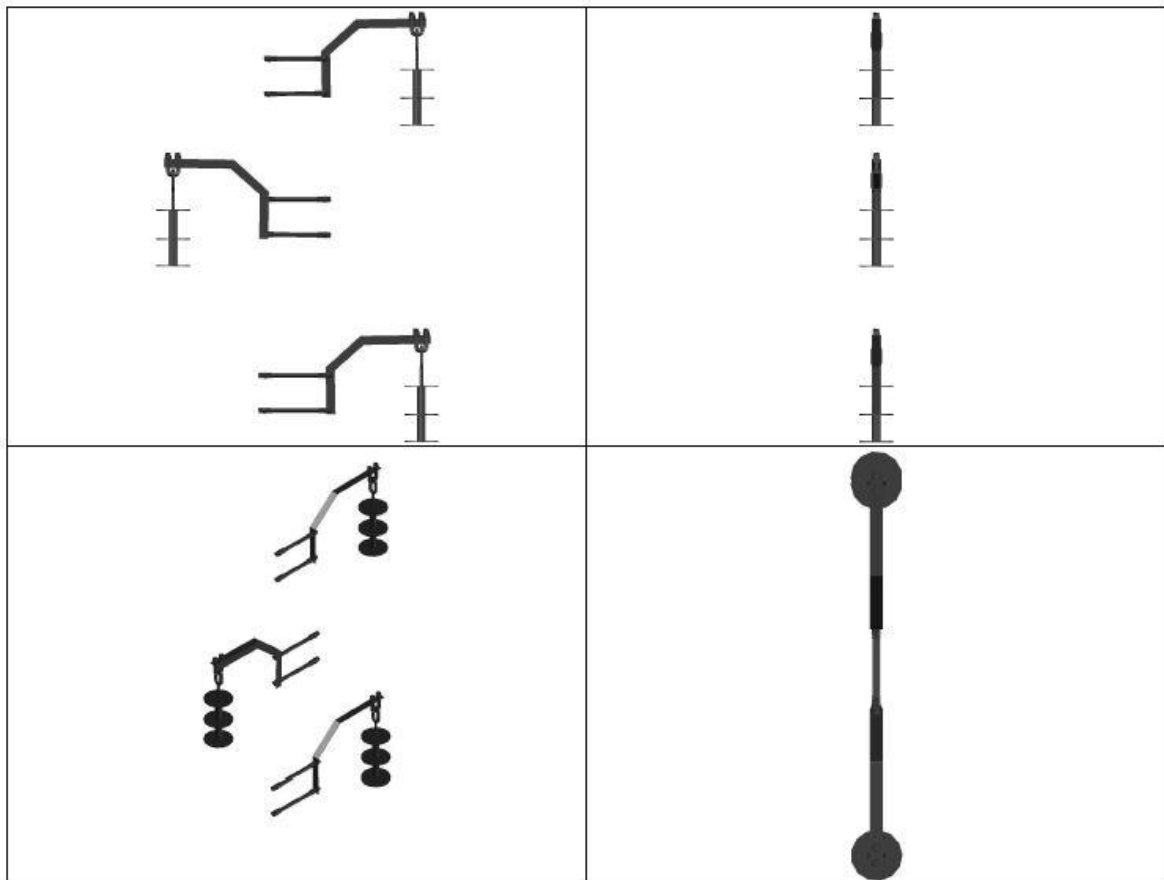
Armação em triângulo para alinhamento (TAL)



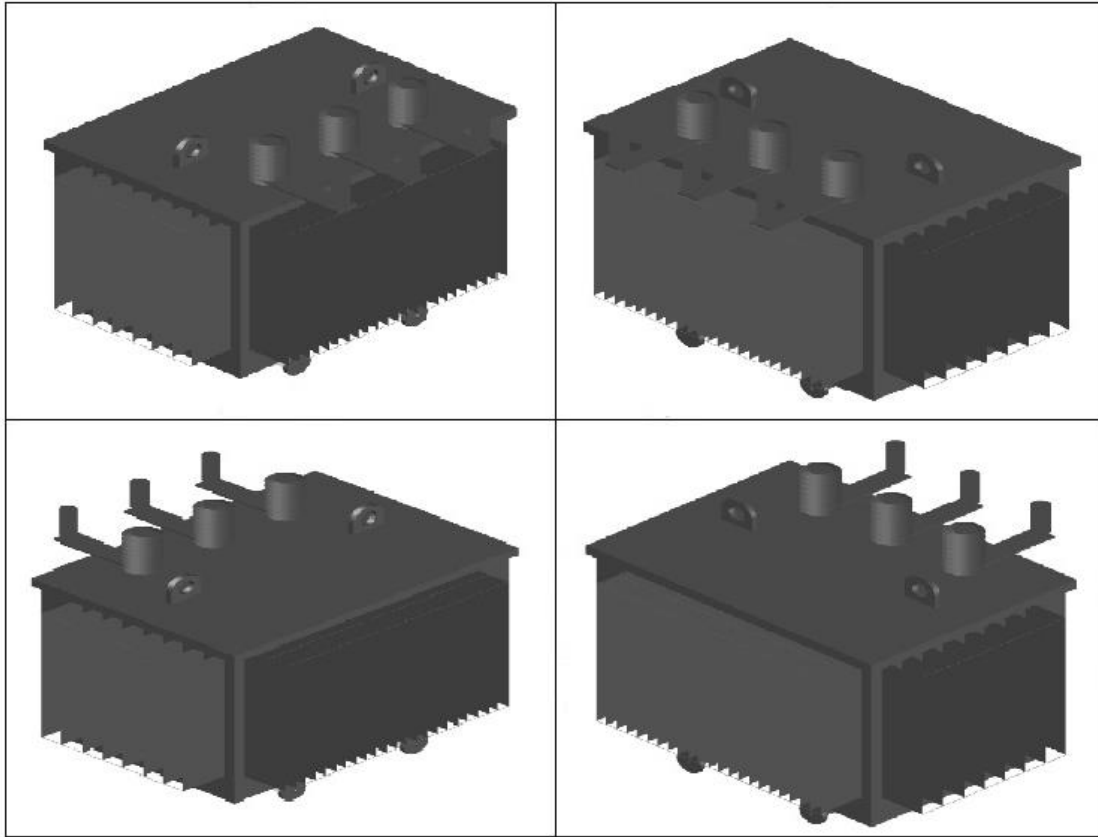
Armação em esteira vertical para alinhamento (VAL)



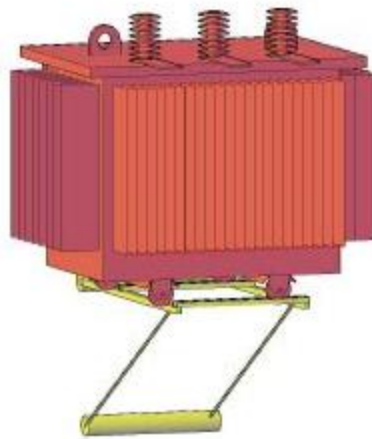
Armação em esteira vertical para ângulo (VAN)



Transformador



Aspeto final, com a travessa HTP4 (usada em PT's do tipo aéreo e aéreo com seccionador), seccionador e transformador.



ANEXO III

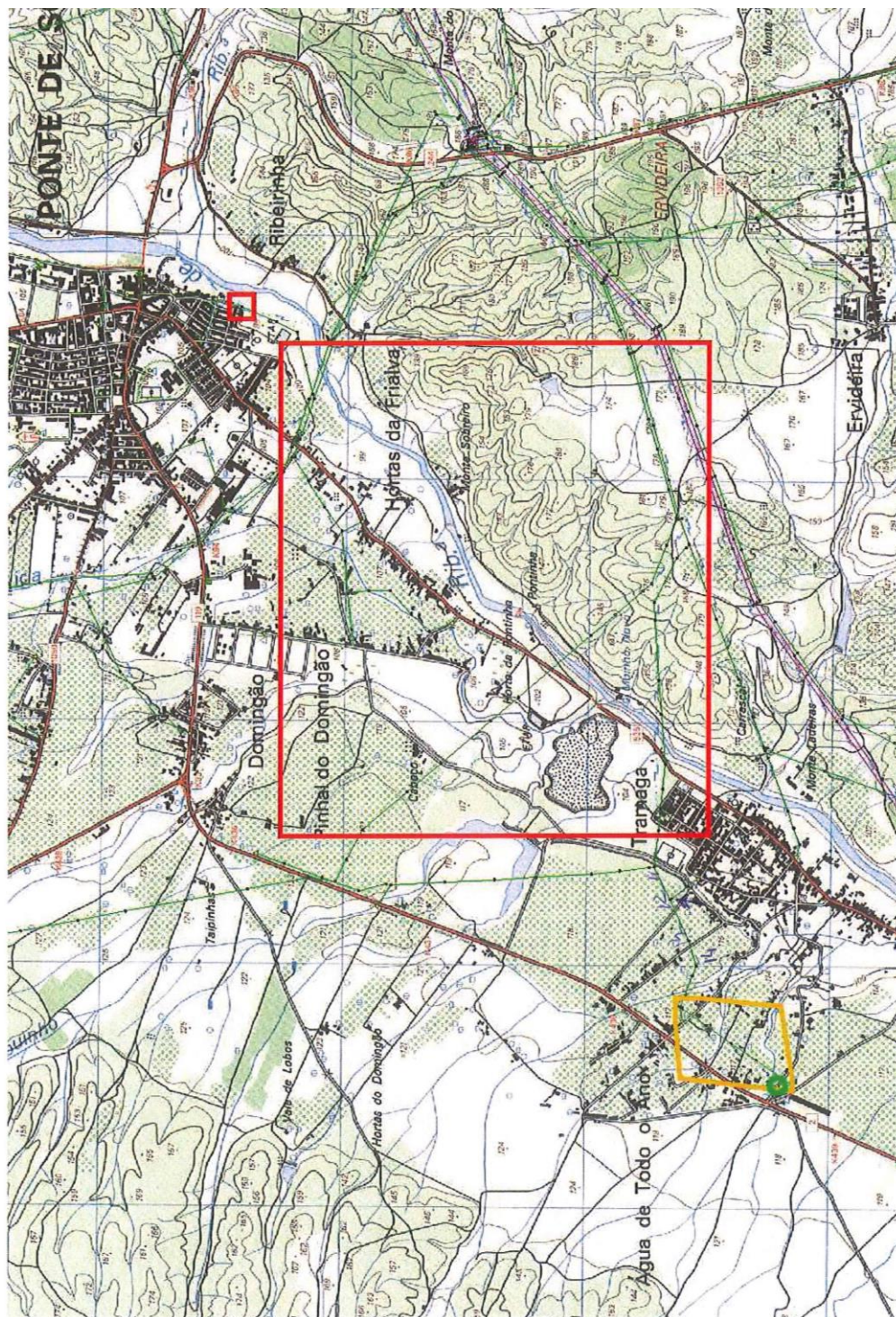
A linha a azul diz respeito à linha que vai ser intervencionada e a linha no canto inferior direito (verde) é a que não vai ser alterada. As linhas restantes (amarelo e vermelho) dizem respeito a outros projetos (obras).



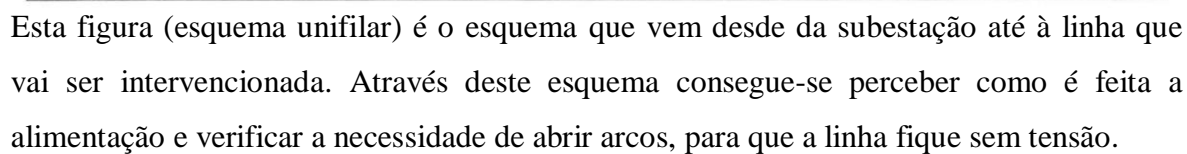


A figura acima é como se fosse uma base para o orçamentista., onde indo ao terreno, é elaborado um levantamento do material que será à partida necessário. Nesta imagem

verifica-se também que é necessário retirar um vão de linha, visto que a nova linha passará por outro traçado.



Esta imagem diz respeito à delimitação do projeto mencionado em cima. De referir que os quadrados mais pequenos são outros projetos que estão a ser realizados.



ANEXO IV

Este perfil diz respeito a um dos projetos que acompanhei na íntegra, desde da deslocação ao terreno para fazer o orçamento até a realização do perfil final através do software SIT-DM.